



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur,
trädgårds- och växtproduktionsvetenskap



FLER NYANSER AV GRÖNT OCH BLÅTT

Hur hållbar dagvattenhantering kan
rymmas i Malmös täta stadsväv

Elise Eriksson Anna Lyth

Självständigt arbete • 30 hp

Landskapsarkitektprogrammet • Alnarp 2015

Fler nyanser av grönt och blått - hur hållbar dagvattenhantering kan rymmas i
Malmös täta stadsväv

Gradients of green and blue -how sustainable storm water management can be
implemented in the dense urban fabric of Malmö

Författare: Elise Eriksson och Anna Lyth

Handledare: Caroline Dahl, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur,
planering och förvaltning

Biträdande handledare: Kent Fridell, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur,
planering och förvaltning

Examinator: Ann Bergsjö, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur,
planering och förvaltning

Biträdande examinator: Åsa Bench, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur,
planering och förvaltning

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A2E

Kurstitel: Master project in Landscape architecture

Kurskod: EX0775

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2015

Omslagsbild: Illustration av författarna

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: dagvattenhantering, hållbar dagvattenhantering, extrema regn,
översvämningsproblematik

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

SAMMANDRAG

Den 31 augusti 2014 drabbades Malmö av ett kraftigt skyfall som orsaka de översvämningar på flera håll runt om i staden. Översvämningarna resulterade i skador på infrastruktur och bebyggelse men också i minskad framkomlighet i trafiken.

I arbetet undersöks möjligheter till hur större mängder regnvatten kan hanteras i urban miljö med utgångspunkt i att minska risken för översvämningar. Målet är att göra ett förslag där praktiska exempel ges på hur hållbar dagvattenhantering kan utformas utifrån olika regnmängder i ett översvämningsdrabbat område i Malmö.

Syftet med arbetet är primärt att få en större förståelse för landskapsarkitektens roll i arbetet med att klimatanpassa städerna. Syftet är också att få en större förståelse för problematiken orsakad av kraftiga regn, samt varför städer ofta har en begränsad kapacitet att omhänderta större regnmängder i befintlig miljö. I arbetet redovisas hur urbaniseringen har bidragit till att de flesta samhällen idag är beroende av ett ledningssystem för att föra bort

vatten ifrån städerna. Detta ledningssystem kan vid kraftiga regntillfällen bli överbelastat med konsekvenser som marköversvämningar, källaröversvämningar och utsläpp av förorenat vatten till städernas recipienter som följd. Detta, i kombination med en ökad mängd hårdgjord yta och en minskad möjlighet för städerna att på ett naturligt sätt dränera och infiltrera regnvatten i marken, innebär stora utmaningar för den urbana miljön vid händelser av kraftiga regn. Med ett förändrat klimat kommer problemen troligtvis att bli än mer omfattande i framtiden.

Med hjälp av fallstudie, litteraturstudier, dokumentstudier, testande och praktiskt skissande undersöks innebörden av hållbar dagvattenhantering samt hur en sådan kan bidra till en större kapacitet för staden att hantera kraftiga regn och samtidigt också bli en resurs för människor och grönsstruktur. Arbetet har resulterat i gestaltungsförslag på tre platser i området Södra Sofielund i Malmö och ger exempel på hur stora och små hållbara dagvattenlösningar kan integreras i den täta staden.

ABSTRACT

On the 31 of August 2014, the city of Malmö was hit by heavy rains that caused flooding in several places around the city. The flooding resulted in damages to infrastructure and buildings but also in reduced traffic maneuverability.

This thesis investigate the possibilities to handle large amounts of rainwater in urban environments on the basis of reducing the risk of floods. The objective is to make a proposal where examples are given of how sustainable stormwater management can be designed in a urban flood-hit area based on different amounts of rain.

The aim of the thesis is to gain a greater understanding of the problems caused by heavy rain and an understanding of why cities generally have a limited capacity to manage large amounts of rain in the existing environment. In the thesis it is shown that during the urbanization the society has become dependent of drainage systems to keep water away from the cities. The drainage system is restricted and when heavy rainfalls occur this may lead to system overload with consequences such as landfloods, basement

flooding and the discharge of polluted water to urban recipients. In combination with an increased amount of paved surfaces and a reduced possibility for cities to naturally drain and infiltrate rainwater in the ground, the restricted drainage system means major challenges for the urban environment in the event of heavy rainfall. With climate change, the problems are likely to become even more widespread in the future.

Through literature studies, document studies and sketching, the implications of sustainable stormwater management is examined. It is also looked upon how an alternative storm water management can contribute to a greater flexibility and adaptability in the society when heavy rainfalls occur, as well as become a resource for people and greenery. The thesis has resulted in design proposals in three locations in the area of Södra Sofielund in Malmö. The proposals exemplifies how large and small scale sustainable stormwater solutions can be integrated in the dense fabric of Malmö.

FÖRORD

Den 31 augusti 2014 vaknade vårt intresse för urban dagvattenhanteringen då ett skyfall drabbade Malmö och resulterade i översvämningar runt om i staden. Detta fick oss att börja fundera över den urbana miljöns kapacitet att hantera kraftiga regn. Examensarbetet har för oss varit en möjlighet att nysta i denna fråga och drivit oss till att försöka förstå det komplexa system den urbana dagvattenhanteringen är. Det har varit otroligt lärorik och spännande att undersöka möjligheterna för landskapsarkitektur som en del av lösningen.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare, Caroline Dahl och Kent Fridell, för allt stöd, uppmuntran och kunskap som ni delat med er under arbetets gång. Vi vill också rikta ett tack till Susanne Steen Kronborg på VA Syd, samt Tor Fossum på Malmö stads stadsbyggnadskontor för värdefull information i arbetet. Tack också till familj och vänner för ert stöd.

Elise Eriksson
Anna Lyth

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund	10
1.2	Mål och syfte	12
1.3	Frågeställning	12
1.4	Metod och material	12
1.5	Avgränsning	14
1.6	Källkritik	14
2	Vattnets plats i det urbana landskapet	17
2.1	Det resilienta landskapet	18
2.2	Det hybrida landskapet	19
2.3	Det mångfunktionella landskapet	21
2.4	Sammanfattning	23
3	Urban vattenhantering ur ett historiskt perspektiv	25
3.1	Förkristlig tid- industrialiseringen	26
3.2	Industrialiseringen- mitten av 1900-talet	28
3.3	Mitten av 1900-talet och framåt	31
3.4	Sammanfattning	34
4	Urban dagvattenhantering idag	37
4.1	Urbaniserings inverkan på dagvattenhantering	38
4.2	Klimatförändringarnas inverkan på urban dagvattenhantering	41
4.3	Hållbar dagvattenhantering	42
4.4	Implementering av hållbar dagvattenhantering i befintlig miljö	49
4.5	Sammanfattning	52

5	Fallstudie Malmö med exempel Södra Sofielund	55
5.1	Översvämningsproblematiken i Malmö	56
5.2	Hållbar dagvattenhantering i Malmö stad	60
5.3	Sammanfattning av fallstudien och val av område för vidare undersökning	64
5.4	Södra Sofielund	65
5.5	Förslag Södra Sofielund	72
5.6	Gullängen	76
5.7	Nobelvägen	90
5.8	Bragegatan	100
5.9	Slutsatser av åtgärder	106
6	Diskussion och reflektion	109
6.1	Sammanfattande diskussion och reflektion	110
6.2	Reflektion över landskapsarkitektens roll	111
6.3	Reflektion över metod och arbetsprocess	112
6.4	Fortsatta studier	113
	Källförteckning	114
	Figurförteckning	120

BEGREPPSORDLISTA

AVRINNINGSSOMRÅDE	en topografisk uppdelning av dagvattnets naturliga flöde till recipient
BRÄDDNING	utsläpp av avloppsvatten till recipient
DAGVATTEN	avrinningen av smält- och regnvatten
DUPLIKAT LEDNINGSSYSTEM	dagvatten och spillvatten leds i separata ledningar till reningsverk och recipient
EKOSYSTEMTJÄNSTER	ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande
HYDROLOGI	läran om vattenförhållandena på jorden
HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING	dagvattenlösningar som syftar till att ge ekonomiska, sociala och ekologiska värden.
INFILTRATION	inträngning av vätska i poröst eller sprickigt material, t.ex. vattnets inträngning i jord eller berg
KOMBINERAT LEDNINGSSYSTEM	dagvatten och spillvatten leds i gemensam ledning till reningsverk
RECIPIENT	hav, sjöar och vattendrag som är mottagare av dagvatten
SPILLVATTEN	avloppsvatten
ÅTERKOMSTTID	tidsintervall mellan regn- och avrinningstillfällen för viss given intensitet och varaktighet
ÖPPEN DAGVATTENHANTERING	dagvatten som ej leds bort via slutna ledningar utan tas omhand i öppna system

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Under de senaste fem åren har Malmö och Köpenhamn drabbats av kraftiga skyfall som resulterat i stora problem med översvämningar. Den 31 augusti 2014 drabbades Malmö av ett skyfall som ledde till problem både vad gällde källaröversvämningar och marköversvämningar. Under 24 timmar föll 100 mm regn över Malmö vilket gjorde att ledningssystemet för dagvatten inte kunde ta emot de stora vattenmängderna och flera ställen i staden översvämmades. Det kraftiga skyfallet ledde också till trafikstörningar eftersom framkomligheten på vissa ställen försvårades av stora vattenmängder.

I Malmös centrala delar leds dagvatten och spillvatten i kombinerade ledningar vilket medför att vid stora mängder nederbörd kan förorenat avloppsvatten stiga upp i källare och i gatubrunnar. Enligt Sydsvenskan skadades minst 3000 byggnader av skyfallen både vad gäller marköversvämningar men också med marköversvämningar (Sydsvenskan, 2014-09-04). Efter skyfallet och översvämningarna i Malmö den 31:a augusti har tre stora försäkringsbolag fått in skadeanmälningar för runt 250 miljoner kronor (Sydsvenskan, 2014-09-11).

Köpenhamn drabbades 2011 av ett kraftigt regnfall som orsakade stora problem med översvämningar i staden. Under mindre än tre timmar föll 150 mm regn vilket motsvarar ca två månaders normalt regnande. Skyfallet drabbade främst de centrala delarna av staden och orsakade stor skadegörelse på byggnader och minskad framkomlighet i trafiken. Kostnaderna för det regntillfället uppsteg till ca 6 miljarder danska kronor (Wikipedia, 2014-12-19).

Samtidigt som stora skyfall med stor översvämningsproblematik som följd drabbat Malmö med omnejd de senaste åren tyder mycket på att problemen kommer att bli större i framtiden. I IPCC's (Intergovernmental

Panel on Climate Change) rapport om klimatförändringar konstateras att det finns en tydlig koppling mellan den globala uppvärmningen och mänsklig aktivitet. Prognoser av hur omfattande klimatförändringarna väntas bli är dock osäkra eftersom detta påverkas av hur stora de framtida globala utsläppen blir. Trots osäkerhetsparametrarna konstaterar IPCC att jordens medeltemperatur kommer att öka, den genomsnittliga globala havsnivån kommer stiga och det kommer bli större skillnader i nederbörd mellan torra och blöta regioner och mellan torra och blöta årstider. (IPCC 2013)

En ökad nederbörd kommer framförallt resultera i kraftfullare regn under kortare tidsperioder, vilket på många platser leder till översvämningar då dagens ledningssystem inte har kapacitet att leda bort större regnmängder. Ökad exploatering i städerna ger också ett högre tryck på ledningssystemet vilket bidrar till att alternativa metoder att hantera dagvatten blir än viktigare.

Det traditionella sättet att omhänderta dagvatten har varit att genom ledningssystem under mark föra bort vattnet till reningsverk eller recipient. Vid kraftiga regn blir ledningssystemet överbelastat vilket ger upphov till översvämningar. Ett sätt att minska trycket på ledningarna är att ta hand om dagvattnet i öppna dagvattenanläggningar. Med detta menas olika anläggningar för omhändertagande, fördröjning och magasinering av dagvatten i helt eller delvis öppna system. Köpenhamns kommun har efter skyfallet 2011 upprättat planer på hur risken för framtida översvämningar i den befintliga miljön kan minskas. I Københavns Kommunes Skybrudsplan (2012) ges exempel på strategier och åtgärder för Köpenhamns 26 olika avrinningsområden, samt en prioritering över vilka områden åtgärder bör sättas in för att klara av kraftigare skyfall.

Runt om i världen har olika initiativ tagits vad gäller omhändertagande av dagvatten i syfte att minska risken för översvämningar, minska föroreningar i sjöar och vattendrag, samt initiativ att omhänderta dagvattnet som en positiv resurs i stadsmiljön. Utställningen ”Regnet kommer” på Dansk Arkitektur Center våren 2015 visade upp ett stort antal projekt som planeras eller har genomförts runt om i Danmark. Projekten innefattade allt från gator och idrottsanläggningar till större våtmarksområden och är exempel på olika öppna åtgärder där större dagvattenmängder kan omhändertas för att skydda den befintliga byggda miljön från översvämningar.

Klimatanpassning är en fråga som är aktuell i kommuner och hos myndigheter och arbetet att ta fram strategier och handlingsplaner pågår kontinuerligt. Lokala och öppna dagvattensystem är åtgärder som ofta finns med som policy i nya exploateringsområden. I Malmö finns det i dagsläget ingen sammanställd handlingsplan på hur översvämningrisker ska hanteras i den befintliga miljön. Anledningen kan antas vara att det är svårare att bygga dessa nya dagvattensystem i befintlig miljö än att planera dem från början. Med givna förutsättningar som topografiska förhållanden samt befintlig infrastruktur är det en stor utmaningen att ta sig an problematiken i den befintliga miljön i stadens centrala delar. I den täta staden är utmaningen att hitta de outnyttjade och nyttjade mellanrummen där möjligheter ges att omvandla befintlig platsmark till att få fler funktioner som att också rymma hållbar dagvattenhantering.

1.2 MÅL OCH SYFTE

Målet är att utifrån stadens förutsättningar undersöka möjligheter till hur större mängder regnvatten kan hanteras i urban miljö med utgångspunkt i att minska risken för översvämningar. Målet är också att göra ett förslag där praktiska exempel ges på hur hållbar dagvattenhantering kan utformas utifrån olika regn i ett befintligt område i Malmö och samtidigt bli en resurs för människor och grönska.

Syftet är att få en större förståelse för den urbana dagvattenhanteringen och problematiken orsakade av kraftiga regn. Syftet är också att förstå landskapsarkitektens roll i klimatanpassningsarbetet med utgångspunkt i hantering av dagvatten.

1.3 FRÅGESTÄLLNING

Vad är en hållbar dagvattenhantering i befintlig stadsmiljö i Malmö och hur skulle en sådan kunna utformas och implementeras så att marköversvämningar begränsas, ledningssystem och dagvattenrecipienter avlastas och lösningen samtidigt blir en resurs för människor och grönska i staden?

1.4 METOD OCH MATERIAL

Uppsatsens utgångspunkt är i den hermeneutiska forskningstraditionen. Enligt Patel och Davidsson (2011) försöker forskaren inom den hermeneutiska forskningstraditionen skapa sig en så fullständig bild som möjligt av forskningsproblemet genom att pendla mellan delarna och helheten. Inom traditionen närmar sig forskaren forskningsobjektet subjektivt, där kunskapen forskaren besitter snarare är en tillgång än ett hinder för att förstå och tolka forskningsobjektet. (Patel and Davidsson, 2011, s. 29-30)

Metoden i uppsatsen är i huvudsak Design Research, där processen parallellt innehåller kunskapsinhämtning, analyser, testande och praktiskt skissande som utmynnar i ett designförslag i den fysiska miljön. Inom design research är fokus att genom designarbetet skapa sig nya insikter och nya kunskaper i ämnet. Som en definition av Design Research skriver Frasier (2013):

”As a working definition, architectural design research can be described as the process and outcomes of inquiries and investigations in which architects use the creation of projects, or broader contributions towards design thinking, as the central consistent in a process which also involves the more generalized research activities of thinking, writing, testing, verifying, debating, disseminating, performing, validating and so on.” (Frasier 2013, s. 1-2)

Som delar i arbetet ingår också en kvalitativ litteraturstudie och andra slags dokumentstudier. Malmö har i arbetet använts som fallstudie och området Södra Sofielund har varit projektområde för designarbetet.

1.4.1 LITTERATURSTUDIE

För att få en förståelse för problemet med översvämningar orsakade av kraftiga regn och för att undersöka möjliga åtgärder för hantering av problemet har vi gjort en kvalitativ litteraturstudie. Sökningarna har skett brett. De huvudsakliga sökmotorer som har använts är *Primo*, *Research Gate* och *Google Scholar*. Sökord som har med vatten och dagvatten att göra har använts på både svenska och engelska för att få en så stor bredd som möjligt i litteraturstudien samt för att få en så bred förståelse för hur kunskapsläget ser ut idag. Källförteckningar i de artiklar som varit relevanta har också lett vidare till andra relevanta artiklar.

1.4.2 FALLSTUDIE

I syfte att undersöka var åtgärder som hållbar dagvattenhantering kan göras i den befintliga miljön har en fallstudie gjorts på Malmö stad. Fallstudien innefattar samtal och mailkorrespondens med kommunala tjänstemän, samt kartstudier och en fördjupad dokumentstudie. Enligt Patel och Davidsson (2003) är helhetsperspektivet viktigt i fallstudien för att få en så täckande information som möjligt. Informationen som samlas in bör också vara av olika karaktärer för att ge en så fylld bild av det aktuella fallet som möjligt. (Patel and Davidsson 2013, s. 54-55)

Samtal och möten

För att få en större kunskap om dagvattenhanteringen och översvämningsproblematiken i Malmö har samtal förts med representanter från Malmö stads VA- bolag VA Syd, samt Malmö stads Gatukontor och Stadsbyggnadskontor. Samtalen har skett vid fysiska möten, via telefon och mail.

Författarna medverkade i konferensen *Vattnet stänger staden* som arrangerades av Svenskt Vatten den 12 april 2015. Konferensen tog upp frågor kring dagvattenhanteringen och översvämningsproblematiken som olika kommuner i Skåne brottas med. Under konferensen hölls föredrag av yrkesverksamma men också tjänstemän från olika kommuner och företag i Skåne som arbetar med dagvattenfrågor. Samtal har förts och kontakter har också tagits under workshopen *Innovativa Dagvattenlösningar* som anordnades den 29 April 2015 av Sustainable Business Hub som är en branschorganisation för flera skånska kommuner och konsulter inom ramen för teknisk infrastruktur. Under workshopen samlades studenter, yrkesverksamma, representanter från VA Syd och kommunala tjänstemän för att i grupper diskutera hållbar dagvattenhantering i Malmö.

Kartstudier

Som ett komplement till litteraturen som beskriver den historiska urbana vattenhanteringen har historiska kartor över Malmö studerats. Främst har vi använt oss av sökfunktionen Historiska Kartor på Malmö stads hemsida men också sökfunktionen med samma namn på Lantmäteriets hemsida har använts. För att få en bild över hur dagens urbana dagvattenhantering ser ut har vi undersökt kartor och planer på ledningssystem, avrinningsområden, recipienter, topografiskt förhållande och analyser av ytavrinning vid kraftiga regn. Främst har vi då utgått ifrån material och dokument från VA Syds hemsida men också material som vi har fått ta del av under möten med tjänstemän på Malmö stad. För att undersöka projektområdet mer ingående, har Google Maps utgjort en hjälp i undersökningar av området. Denna sökfunktion har kompletterats med sökningar på Malmö stads stadsatlas samt kartfunktionen på Malmö stads översiktsplan på internet.

Fördjupad dokumentstudie

I den fördjupade dokumentstudien ingår policydokument, praktisknära handböcker för dagvattenhantering samt andra dokument och broschyrer från myndigheter i Sverige, relaterade till hållbar dagvattenhantering. Syftet med dokumentstudien har varit att få en djupare kunskap över hur dagvattenhanteringen fungerar i Malmö idag, samt att få en kunskap om möjliga åtgärder i den befintliga miljön. I studien har t.ex. dokument som *Dagvattenstrategi för Malmö (2008)*, *Åtgärdsplan för Malmös avlopp (2009)* och *Handlingsplan för klimat-anpassning Malmö 2012- 2014* studerats. Hemsidor och tidningsartiklar från Sydsvenskan har använts för att få en inblick i översvämningsarna som drabbade Malmö i augusti 2014. Boken *Den Törstande Staden* författad av Persson, Persson, Ohlsson och Stahre (2007) har utgjort en grundkälla för förståelsen för den historiska utvecklingen av vattenhanteringen i Malmö.

Projektområde och förslag

För att omsätta och testa den kunskap som litteraturstudien, dokumentstudien och kartstudien gett vill detta arbete undersöka möjligheterna till en hållbar dagvattenhantering i en befintlig miljö. Till denna fallstudie har projektområdet Södra Sofielund i Malmö valts ut. Inom projektområdet undersöks på en konceptuell nivå hur vatten kan få ta en större plats inom ramen för den befintliga infrastrukturen i syfte att avlasta det befintliga ledningsnätet samt att minska översvämningsskrisen. Inom Södra Sofielund har olika platser valts ut på grund av deras olika fysiska förutsättningar att rymma hållbar dagvattenhantering. Platserna som undersöks är; *Gullängen* som är en större park och potentiell översvämningssyta, *Nobelvägen* som är en större gata samt *Bragegatan* som är en mindre lokalgata.

1.5 AVGRÄNSNING

I arbetet undersöks översvämningsskrisen orsakad av kraftig nederbörd. Andra typer av översvämningar orsakad av exempelvis höjd havsnivå behandlar inte detta arbete. När det kommer till klimatanpassning kan det vara problematiskt att bryta ut ökad nederbörd från andra klimatförändringar som t.ex. ökad temperatur och vilka effekter det har på miljön i staden. Vi har dock valt att i detta arbete fokusera på ökad nederbörd och vilka konsekvenser detta får i den befintliga byggda miljön.

I syfte att förstå problematiken kring den rådande och traditionella dagvattenhantering ges dock en övergripande beskrivning av utvecklingen av den urbana vattenhanteringen i ett historiskt perspektiv. Vidare för att förstå urbaniseringens effekter på dagvattenhantering ges en övergripande beskrivning av vattnets naturliga kretslopp. Under arbetets gång har vi stött på angreppssätt där vattenhanteringen ses som ett holistiskt system, där t.ex. dagvatten återanvänds i olika syften och där spillvatten renas biologisk på plats och återförs till den byggnad det kom ifrån. På grund av arbetets tidsram har vi valt att inte

fördjupa oss i detta angreppssätt utan uppsatsen behandlar endast möjligheter för hantering av dagvatten.

Eftersom förslaget syftar till att undersöka möjligheter till att ta hand om och ge plats åt större regnmängder i den befintliga miljön, har våra undersökningar framförallt fokuserat på vattnets plats i relation till den synliga infrastrukturen ovan mark. Ett vidare undersökande kring förslagets realiserbarhet när det kommer till den befintliga infrastrukturen under mark, som ledningssystem och elkablar osv, ingår inte. När det kommer till tekniska detaljer har arbetets tidsram inte möjliggjort en mer ingående projektering av gestaltungsförslagen. En detaljerad projektering har heller aldrig varit avsikten eller fokus i examensarbetet.

1.6 KÄLLKRITIK

Det finns mycket generellt skrivet om hållbar dagvattenhantering. Både i svensk och i internationell litteratur finns också mycket skrivet om hur hållbara dagvatten-system kan anpassas i den befintliga miljön. Mycket av det som litteraturen tar upp kring dagvattenfrågor återkommer ofta om igen. Problemet har nästan varit det omvända; att hitta källor som problematiserar och som ifrågasätter den rådande och idag nästan förhärskande synen på hållbar dagvattenhantering.

En person som har haft stor betydelse för utvecklingen av hållbar dagvattenhantering i Sverige är Peter Stahre. Stahre var expert på dagvattenanläggningar och anses vara en nyckelperson i arbetet med hållbara dagvatten-system i Malmö. De principer som arbetades fram under hans ledning utgör även idag basen i publikationer från Svenskt Vatten som beskriver hållbar dagvattenhantering. Stahres principer kring hållbar dagvattenhantering är relevanta även för detta arbete, eftersom de både är utarbetade i Sverige och för svenska förhållanden men även väl beprövade.

I den internationella litteraturen har begreppet hållbar dagvattenhantering olika benämningar så som; Low Impact Development (LID) i USA; Sustainable urban Drainage Systems (SuDS) i Europa och Water Sensitive Urban Design (WSUDS) i Australien (Novotny, Ahern och Brown 2010, s. 186). Sammantaget kan sägas att den definition av hållbar dagvattenhantering som Stahre (2004) beskriver även återkommer i den internationella litteraturen. (Woods- Ballard et al. 2007)

2 VATTNETS PLATS I DET URBANA LANDSKAPET

I kapitlet diskuteras vattnets plats i staden och vikten av att se vattnet som ett av de många system som finns i det urbana landskapet. I kapitlet redovisas teoretiska utgångspunkter och begrepp som idag ofta används i sammanhang relaterade till klimatförändringar och klimatanpassning. Kapitlet delas upp i *Det resilienta landskapet*, *Det hybrida landskapet* och *Det mångfunktionella landskapet* i syfte att få en bättre förståelse för hur staden kan få en mer hållbar dagvattenhantering och på ett bättre sätt möta de utmaningar den står inför.

2.1 DET RESILIENTA LANDSKAPET

Resiliens uppkom först som ett begrepp inom ekologin och har sedan dess använts inom flera olika discipliner. På senare år har begreppet utvecklats och bl.a. blivit ett vetenskapligt förhållningssätt för att analysera sammanvävda sociala och ekologiska system (Scott and Walker 2012). Enligt Moberg och Simonsen (2011) är social-ekologiska system ett nyckelkoncept inom begreppet resiliens. Social- ekologiska system bygger på en syn att det inte finns några naturliga system utan människor, och inga sociala system utan natur. Detta innebär att sociala system och ekologiska system är beroende av varandra och utvecklas jämte varandra, vare sig systemet är en stad, en skog eller en ekonomi. (Moberg och Simonsen 2011, s. 3-7)

En definition av resiliens som ofta förekommer är Salt and Walkers definition. Enligt författarnas definition är resiliens när det kommer till social- ekologiska system: *" the capacity of a system to absorb disturbance and reorganize so as to retain essentially the same function, structure and feedbacks, to have the same identity."* (Salt and Walker 2012, s. 3)

För att förtydliga är resiliens förmågan för ett system att utstå störningar och ändå fortsätta fungera på samma sätt som tidigare. Salt and Walker (2012) menar att identitet är ett viktigt och användbart koncept inom denna definition därför att det medger en syn på att människor, samhällen, ekosystem och social- ekologiska system alla kan uppvisa en hel del variationer och utsättas för störningar utan att helt och hållet förändras i sina grundvalar. (Salt and Walker 2012, s. 3)

Folke (2006) menar att innebörden av resiliens många gånger har missuppfattats då användningen av begreppet fokuserat på systemens robusthet, motståndskraft och förmåga att hantera stress. När det kommer till

social- ekologiska system menar Folke (2006) att resiliens också innebär de möjligheter olika störningar kan föra med sig i form av förnyelse av systemen. Det handlar då inte om systemens förmåga att förbli som de alltid varit utan om dess förmåga att vara i dynamisk förändring. (Folke 2006, s. 259)

Ahern (2012) har ett liknande resonemang som Folke (2006). Ahern (2012) ser staden som bestående av komplexa social- ekologiska system och tar upp begreppet resiliens som en viktig dimension i byggandet av hållbara städer utifrån ett landskapsekologiskt perspektiv. Ahern (2012) menar att det inom den professionella sfären av urbana planerare och designers, finns en paradox i förståelsen för begreppet hållbarhet. Paradoxen ligger i en förståelse för ekologi som baseras på målet om en ideal hållbar form, vilket gör att dynamiken inom systemen då förbises, d.v.s. systemens kapacitet att organisera om sig vid störningar eller katastrofer (Ahern 2012, s. 4). Störningar kan vara klimatförändringar, globala ekonomiska kriser, politiska revolutioner eller översvämningar. Störningar kan påverka systemet (staden) i olika skalor och med olika varaktighet och framför allt vara oförutsägbara.

Ahern (2012) menar att sett i denna kontext måste staden innefatta mer än en hållbar form. För att staden ska kunna uppnå hållbarhet i ett längre perspektiv måste staden och samhällen ha resiliens, d.v.s. kapaciteten att återhämta sig från störningar och stress, utan att förändras i sina grundvalar. Hållbarhetsbegreppet förstås här som en integrering mellan de tre dimensionerna ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet. Ahern (2012) menar att när städer förstås som komplexa socio- ekologiska system kan begreppet resiliens innebära en fjärde dimension av hållbarhet. (Ahern 2012, s. 4-6)

2.2 DET HYBRIDA LANDSKAPET

Mossop (2006) menar att separeringen vad gäller människa och natur traditionellt sett har skapat en förvirring i diskussionen om det urbana landskapet då begreppen landskap och natur och naturlighet ofta likställts med varandra. Denna sammanblandning har lett till en syn på landskapet som någonting som bör förskönas och dekorerats (Mossop, 2006; Stokman, 2008). Vilket enligt Mossop har resulterat i att ett mer fokuserat utforskande av lösningar på komplexa urbana utmaningar har fått stå tillbaka för skapandet av vad hon kallar "naturalistic pastoral landscapes" i den urbana miljön (Mossop, 2006). Samtidigt har det sedan 80-talet funnits ett utforskande av och ett fokus på det "onaturliga" i landskapet, främst influerat av urbana planerare i Nederländerna med en stark tradition av det konstruerade landskapet (Mossop, 2006). Idag menar Mossop (2006) att i diskussioner om det urbana landskapet är skilljelinjen mellan det naturliga landskapet och det konstruerade landskapet inte lika skarp.

Parallellt med denna utveckling har det också skett en utveckling inom urban ekologi och ett synsätt där naturliga processer också är formade av människan och urbaniseringen vilket lett till nya designstrategier som är baserade på en acceptans av den "rubbade" och hybrida naturen av dessa landskap. (Mossop 2006) Inom urban ekologi betonas vikten av att se staden som en del av "naturen" och att designa den därefter (Whiston Spirn 2011). Whiston Spirn (2011) menar att mänsklig aktivitet och naturliga processer tillsammans skapar ett typiskt urbant klimat av hydrologi, geologi, urban flora och fauna. Nyckeln är att tänka i termer i på vilket sätt mänskliga aktiviteter och den urbana formen interagerar med naturliga processer som vind, geologi och jordmån, vatten och flöden, liv och reproduktion, tillväxt och ekosystem (Whiston Spirn, 2011).

Det handlar således om stadens infrastruktur i relation till naturliga system. Utgångspunkten är att de mest permanenta och varaktiga infrastrukturella elementen i staden är relaterade till det underliggande landskapet, geologin, topografin, vattendragen och klimatet (Mossop, 2006). Med detta menas att det borde finnas en relation mellan de underliggande strukturerna och strukturen av den byggda formen. Whiston Spirn (2011) menar att i designen av det urbana landskapet handlar det inte om att imitera naturliga fenomen, det handlar snarare om att adaptera den urbana formen till naturliga processer (Whiston Spirn, 2011). Whiston Spirn (2011) menar att det traditionellt sett har funnits tendenser till att fokusera på objekt i naturen som åar eller träd, istället för ett fokus på de processer som skapat dessa strukturer, som till exempel vind, vatten, växters reproduktion och tillväxt. Ignoreras de naturliga processerna, förbises också möjligheter till att se kopplingen mellan processer relaterade till varandra och att ge utrymme till naturliga förändringar i landskapet (Whiston Spirn, 2011).

Stokman (2008) har ett liknande resonemang som Mossop (2006) och Whiston Spirn (2011) och betonar vikten av att förena det byggda med naturliga processer för att hitta nya logiker till en mer resilient utveckling av det infrastrukturella landskapet; men med ett större fokus på det infrastrukturella landskapet kopplat till vattenhantering. Stokman (2008) menar att den traditionella vattenhanteringen och den osynliga vatteninfrastrukturen som ledningsnätet under mark, har kopplat av den urbana markanvändningen från vattnets naturliga avrinningsområde men också kopplat bort människors upplevelse av ekologiska processer i landskapet. Stokman (2008) menar att det idag finns ett behov av att tänka om vad gäller koncept som vattenhanteringen relaterat till det infrastrukturella

landskapet i staden och adresserar behovet efter en mer flexibel vattenhantering och en infrastruktur som är bättre anpassad till att möta utmaningar som växande och krympande städer, men också möta utmaningen vad gäller förändrade hydrologiska förhållanden i staden (Stokman 2006). Förståelsen för vilka utmaningar som finns relaterade till vatteninfrastrukturen och staden gör att det blir än mer nödvändigt att utveckla system som involverar både mänskliga och naturliga processer (Stokman, 2008). Stokman (2006) menar att vattenrelaterade processer som rening, dränering och ekologiska funktioner bör bli en integrerad del i stadens nätverk av öppna platser.

Liksom Mossop (2006) kritiserar Stokman (2008) också landskapsarkitekturpraktiken som hon menar än idag arbetar med att gömma och maskera den urbana vatteninfrastrukturen istället för att avslöja dess komplexa natur och relation mellan naturliga, sociala och tekniska processer. Stokman (2008) menar att ett större fokus bör ligga på att det designade landskapet ska vara inbjudande, lönsamt, användbart samt ge ekosystemtjänster i våra urbana miljöer. För att kunna göra detta behöver landskapsarkitekter en större kunskap om ekologier och teknisk infrastruktur men också ett större intresse för att samarbeta med ingenjörsmässiga och urbana design discipliner. Enligt Stokman (2008) ligger styrkan med landskapsarkitektur i dess förmåga att vidga förståelsen av infrastruktur och att länka samman de naturliga processerna med ingenjörskonst och urbana design strategier (Stokman, 2008).

Även Picon (2005) skriver om människans förhållningssätt till teknologin kontra naturliga system. Picon (2005) ifrågasätter även han begreppet natur. Han menar att idag lever vi i en "techno-nature" där skiljelinjen mellan det

naturliga och det artificiella inte längre är tydlig (Picon, 2005, s. 108). Detta har i stor utsträckning också har påverkat den hydrologiska ingenjörskonsten. Den hydrologiska ingenjörskonsten har traditionellt sett varit grundat i en distinktion mellan det naturliga och det artificiella där ledningssystem och reningsverk traditionellt setts tillhöra den artificiella sfären. Idag kompletteras dessa i allt större utsträckning av biologiska reningsprocesser och öppna system för dagvattenhantering. Picon (2005) menar också att denna utsuddade linje mellan det naturliga och artificiella också innebär ett större ansvar för hanteringen och användningen av vatten då det idag i stort sett inte finns naturliga system som inte påverkas av mänsklig aktivitet. Utmaningen för landskaps designers är att föreslå harmoniska kombinationer mellan naturliga inslag och de oundvikligt artificiella (Picon, 2005).

2.3 DET MÅNGFUNKTIONELLA LANDSKAPET

Mångfunktionalitet eller synonymen multifunktionalitet är begrepp som ofta förekommer i texter relaterade till klimatanpassning och beskrivs ofta som en förutsättning för en hållbar utveckling och en strategi för att överkomma negativa konsekvenser av mänsklig påverkan (Brandt och Vejre, 2004, s. 8; Adresen and Madureira, 2014). Det är samtidigt ett komplext och mångfacetterat begrepp och har tolkats och använts inom olika discipliner utifrån olika perspektiv. En konceptuell beskrivning av begreppet som ofta återkommer är dock; mångfunktionalitet är förmågan att utföra flera funktioner och generera flera fördelar på en och samma yta (Adresen and Madureira, 2014, s. 2; Ahern, 2012, s. 8; European environmental agency, 2011, s. 35).

Inom ekologin har termen mångfunktionalitet beskrivits som en strategi för att övervinna de negativa konsekvenser som funktionssepareringen under 1900- talet bidrog med (Brandt, and Vejre, 2004, s. 4). Denna strategi baserad på funktionsseparering av det rurala landskapet var ett sätt att handskas med den alltmer intensifierade produktionen inom jordbruket och skogsindustrin (Brandt, and Vejre, 2004, s. 6). Denna funktionsseparering eller specialisering resulterade i monofunktionella rurala landskap med problem som bristande biologisk mångfald och ekologiska funktioner som följde. Miljöproblem samt ett allt intensivare tryck på användningen av marken har bidragit till att intresset för det multifunktionella landskapet ökat. (Brandt, Tress och Tress, 2000) Brandt, Tress och Tress (2000) menar att utmaningen för framtida landskap är att uppfylla kravet på att erbjuda flera funktioner samtidigt vad gäller ekonomiska, ekologiska, socio-kulturella, historiska och estetiska aspekter.

När det kommer till planering av grön infrastruktur för en ökad resiliens och adaptiv förmåga har termen

mångfunktionalitet beskrivits med ungefär samma innebörd: den gröna infrastrukturens förmåga att leverera flera funktioner på en och samma yta, som att t.ex. öka den biologiska mångfalden och att leverera ekosystemtjänster (Ahern, 2012; Adresen and Madureira, 2014). Utgångspunkten är att när ytor innehar en större mängd funktioner möjliggör de till en större mängd sociala, miljömässiga och ekonomiska fördelar än vad som annars hade tillhandahållits. Ekosystemtjänster kan beskrivas som de tjänster som ekosystemen direkt eller indirekt bidrar med till människors välbefinnande (Naturvårdsverket, 2014). Dessa tjänster kan vara försörjande i form av varor som mat och energi; reglerande i form av förmåga att rena luft, pollinera, påverka nedbrytningshastighet och biologisk kontroll av skadegörare; stödjande för att övriga ekosystemtjänster kan fungera som fotosyntes, bildning av jordmån m.m.; samt kulturella som ger upplevelsevärden som rekreation och skönhetsupplevelser (Naturvårdsverket, 2014).

Begreppet mångfunktionalitet används också som en strategi när det kommer till hantering av förändrade hydrologiska förhållanden i den urbana miljön och för att minska översvämningsrisker (Mascarenhas, Miguez, Magalhaes 2007; Rezendel, Carneirol, Miguez, 2011). Det handlar om att typiska urbana strukturer (infrastruktur, grönstruktur) kan innehålla kompletterande hydrologiska och hydrauliska funktioner för att kunna omhänderta större mängd vatten och minska risken för översvämnningar (Mascarenhas, Miguez, Magalhaes, 2007). Dräneringslösningar som är integrerade i urbana upprustningsprogram med mångfunktionalitet som mål, kan i sin tur bidra med en ökad samverkan mellan de blå- gröna strukturerna och på så sätt öka det sociala, ekologiska och miljömässiga värdet i staden. (Rezendel, Carneirol, Miguez, 2011)

Effektiv användning av utrymmet i staden är fundamental i urban planering eftersom utrymmet är begränsat och konkurrensen om markanvändningen stor (Ahern, 2012). Mångfunktionella ytor kan därför vara ett ytbefrämjande sätt att lösa många behov och problem på en och samma plats. Mossop (2006) uppmanar till ett nytänkande vad gäller de urbana ytornas mono- funktionalitet och betonar behovet av att återupptäcka det infrastrukturella utrymmet i staden. Det handlar således om att se att alla ytor i staden har ett värde, inte bara det traditionellt högt värderade som parker och torg. Det kan handla om parkeringsplatser, utrymmen under upphöjda vägar, samt stora trafikplatser och att även dessa måste användas och utnyttjas på ett värdefullt sätt. (Mossop 2006)

Poängen är att upptäcka stadens mellanrum och potentialen för dessa att innehålla fler funktioner och generera fler fördelar än vad de gör idag. Till exempel kan en gata förutom att ha funktionen som transportled för bilar, också innehålla andra funktioner som att omhänderta dagvatten. Ahern (2012) skriver att det viktigaste tillvägagångssättet för att kombinera funktioner och för att uppnå multifunktionalitet är genom "spatial stacking", d.v.s. att effektivt organisera funktioner till att samtidigt fungera, antingen oberoende av varandra eller som ett komplement till varandra inom samma yta. Multifunktionalitet kan också uppnås genom "time- shifting", d.v.s. att funktionen och användningen av ytan skiftar beroende på tid på dygnet eller året (Ahern, 2012, s. 8).

O'Farell och Anderson (2010) skriver att ett multifunktionellt landskap bör uppfattas som en blandning av naturliga och kulturellt interagerande system (O'Farell and Anderson, 2010). Ett multifunktionellt landskap kan således innehålla både naturliga och kulturella funktioner.

Men funktioner och användningar av landskapet varierar och landskapet får då olika meningar utifrån olika människor. Ur denna synvinkel gör det att landskapet i sig är ett komplext fenomen och att en enskild disciplin inte kan täcka hela betydelsen för vad som menas med ett multifunktionellt landskap. (Brandt, Tress och Tress, 2000)

När det kommer till klimatanpassning och hanteringen av översvämningsrisker, menar Fratini et al. (2012) att för att uppnå multifunktionella lösningar behövs ett transdisciplinärt angreppssätt, dvs att många olika aktörer och kompetenser involveras och samarbetar (Fratini et al. 2012). Fratini et al. (2012) menar att professionella som arbetar med vattenrelaterade frågor bör använda sitt tekniska kunnande i samarbete med andra professioner som inte är relaterade till vattenfrågor. Dessa aktörer kan vara kommunen, politiker, planerare, arkitekter, biologer, ekologer samt medborgare, som med sina kompetenser kan bidra med sina kunskaper om de tekniska, sociala och miljömässiga system som finns i den urbana kontexten. (Fratini et al. 2012)

Ahern (2012) menar att potentialen finns till att erhålla ett stort offentligt stöd i planeringen av ett multifunktionella landskap eftersom flertalet aktörer och intressenter kan dela stödet för ett specifikt multifunktionellt landskap. Adresen and Madureira (2014) menar dock att det samtidigt finns en del invändningar mot principen om multifunktionalitet och möjligheten till att implementera multifunktionella ytor i praktiken. En del funktioner kan komma i konflikt med varandra då olika funktioner inte kan uppnås simultant. Detta kan vara en stor utmaning när det kommer till att planera multifunktionella landskap. (Adresen and Madureira, 2014)

2.4 SAMMANFATTNING

Dessa tre begrepp skiljer sig åt när det kommer till innebörden kopplat till klimatförändringar och klimatanpassning. Uppdelnings av det urbana landskapet i *det hybrida*, *det mångfunktionella* och *det resilienta landskapet* innebär olika sätt att beskriva; problematiken och utmaningarna idag när det kommer till dagvattenhantering; visioner eller mål för det urbana landskapet att nå men också strategier för att hantera utmaningarna och för att kunna nå målet.

Det resilienta landskapet uppfattas här vara visionen eller målet för staden att nå. Det urbana landskapet måste kunna ha en kapacitet att hantera ett förändrat klimat och kunna anpassa sig till nya förhållanden. Det handlar då om det urbana landskapets kapacitet att klara påfrestningar i framtiden och dess förmåga att anpassa sig till förändrade förhållanden. Det urbana landskapet behöver dels bli mer robust men dels handlar det också om vilka möjligheter klimatförändringar medför när det kommer till det urbana landskapet och en förändrad dagvattenhanteringen. En syn på det urbana landskapet som bestående av sammanvävda sociala och ekologiska system bidrar också med en förståelse för vikten av ett transdisciplinärt angreppssätt när det kommer till de utmaningar som finns relaterade till dagvattenhanteringen idag.

Det hybrida landskapet kan uppfattas som en beskrivning av det rådande läget och de utmaningar relaterade till naturliga system som vattenflöden i relation till konstruerade system som ledningsnätet och bidrar med en förståelse för problemen med den rådande dagvattenhanteringen. Det hybrida landskapet bygger också på en acceptans av den hybrida formen staden har och lyfter frågan om hur vi idag kan anpassa den urbana formen till vattnets naturliga processer. När det kommer till dagvattenhantering handlar det om att en

förståelse för de naturliga processer som är relaterade till dagvattenhantering, som rening, dränering och vattnets funktion för ekosystemen i staden. Det handlar inte om att återskapa något som en gång var, utan att skapa ett flexibelt funktionellt dagvattensystem som hanterar både mänsklig aktivitet och naturliga processer. Synen på landskapet som en hybrid mellan det byggda och naturliga processer kan också bidra till förståelse kring att vattnet också måste få ta plats i det urbana landskapet som ett av de naturliga systemen som finns.

Det mångfunktionella landskapet uppfattas här vara en strategi och verktyg för att åstadkomma ett mer hållbart och resiliент urbant landskap. Mångfunktionalitet är förmågan att utföra flera funktioner och generera flera fördelar på en och samma yta. Det handlar också om att se värdet med alla stadens ytor och potentialen för dem att inneha fler funktioner. För att uppnå mångfunktionella lösningar i det urbana landskapet är det viktigt att undersöka de processer som samverkar och som kan ge synergieffekter. Det är då viktigt att se vattnets funktion för urbana ekosystem, men också vattnets funktion i förhållande till människors upplevelse av det urbana landskapet. Det handlar då om att se vilka funktioner som kan genereras genom att ge mer plats åt vatten i staden och hur en alternativ dagvattenhantering kan bidra till ett mångfunktionellt urbant landskap.

3 URBAN VATTEN- HANTERING

UR ETT HISTORISKT PERSPEKTIV

I kapitlet redogörs för hur urbana vattensystem har utvecklats i relation till den tekniska utvecklingen och urbaniseringen. Kapitlet är uppdelat i tre olika tidsperioder där varje period har karaktäriserats av en viss typ av vattenhantering. Syftet med kapitlet är att förstå varför dagens dagvattenhantering ser ut som den gör i Malmö, samt de bakomliggande orsakerna till dagens problem med översvämningar. Malmös utveckling av urbana vattensystem går att förstå i en större kontext eftersom samma utveckling har skett i många städer i världen. Boken *Water Centric Sustainable Communities* författad av Novotny, Ahern och Brown (2010) har utgjort en grundkälla till en mer generell beskrivning av utvecklingen. Boken *Malmö- Den törstande staden* författad av Persson, Persson, Ohlsson och Stahre (2007) har utgjort en grundkälla för utvecklingen i Malmö.

3.1 FÖRKRISTLIG TID- INDUSTRIALISERINGEN

Fram till och med medeltiden i Europa karaktäriserades vattenhantering av utnyttjandet av lokala vattenkällor och grävda brunnar till dricksvattenförsörjning och tillgängligt ytvatten som en resurs för transporter, tvättning och bevattning (Novotny, Ahern och Brown 2010). Stokman (2008) skriver att eftersom vattnet är livsnödvändigt utvecklades samhällen utefter de naturliga vattensystem som fanns att tillgå. På vilket sätt distribution, förvaring och återvinning av vatten gjordes var tätt sammanlänkade med platsens geografi, klimat och ekologi (Stockman 2008). Det handlade om att leva med vattnet. För att kunna hantera vattnet på bästa sätt gjorde människor dammar, diken och kanaler. Dessa infrastrukturella vattensystem blev en stor visuell och rumslig del i strukturen och organiseringen av landskapet. Vatteninfrastrukturen i punktuella och linjära former utvecklades jämsides urbaniseringen och markanvändningen. (Stockman 2008)

Under medeltiden och fram till 1600- talet, när koncentrationen av mänskliga aktiviteter och bosättningar ökade, ökade också kravet på att vatteninfrastrukturen förutom att försörja människor med dricksvatten också skulle kunna utföra andra funktioner som att försörja vatten till industrier, behålla och hantera regnvatten samt bortforsling av avfall (Stockman 2008). När efterfrågan på vatten ökade och de mest tillgängliga grund-, regn- och ytvattentäkterna inte kunde försörja människorna längre, utvecklades mer ingenjörsmässigt avancerade vattensystem som förde vatten till staden från längre distanser. När städernas ekonomier blev större blev också vattnet viktigt för kommersiellt och militärt bruk. Vallgravar byggdes då runt städerna i syfte att försvara. (Novotny, Ahern och Brown 2010)

Picon (2005) skriver att vattnet vid denna tid hade en framträdande roll i den urbana kontexten. Många Europeiska städer påminde om Venedig eller Amsterdam och hade vid sidan av åar och floder, ett tätt och intrikat system av kanaler. Dessa kanaler användes främst för att transportera varor och människor, men också till att driva vattenkvarnar och verkstäder. Aktiviteterna längs kanalerna var därför starkt förknippade med tillverkning och produktion. Trots en framstående roll i denna kontext, menar Picon (2005) att vattnets plats i staden hade lite estetiskt värde och var långt ifrån sammankopplat med den annars pittoreska betydelsen av landskapet under denna tid. Under 1700-talet byggdes i många europeiska städer flodbankar och fördämningar vid åar och floder i syftet att transportera varor och människor. I och med vattnets transformering till att innehålla fler funktioner blev vattnet i den urbana kontexten en mer respektabel och rekreativ plats och ansågs då bli en del av landskapet. (Picon 2005, s. 102)

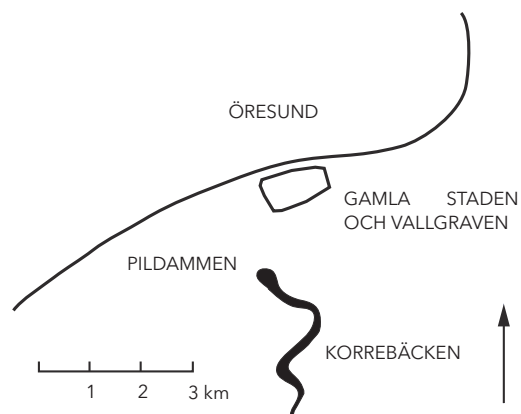
Malmö

Persson, Persson, Ohlsson och Stahre (2007) skriver att när Malmö växte fram vid Öresund fick invånarna förmodligen sitt dricksvatten genom bäckar som rann i landskapet. När de små bäckarna inte räckte till grävdes brunnar då tillgången på ytligt grundvatten var god. De grävda brunnarnas vattenföring var dock nyckfull och osäker och varierade inte bara med grundvattenstånd (som beror av nederbörd) utan också med vattenuttag samt vattenståndet i Öresund. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007)

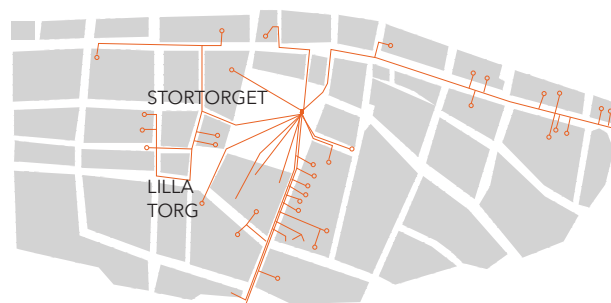
Under 1500- talet hämtades förmodligen dricksvatten från en fördämning av Korrebacken som vid tiden var en bäck som rann från pildammen mot västerport och ut i Öresund. Då vallgravar runt gamla staden byggdes under tidigt 1500- tal (dagens kanaler) grävdes det naturliga flödet av dricksvatten av och tillgången på vatten inne i staden blev knapp (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 1). Hantverksamheten i staden krävde även den mycket vatten och minskade tillgången ytterligare.

Under 1500- talet förbättrades Malmös ekonomi, vilket ledde till att vattnet till slut inte räckte till för att försörja Malmös växande befolkning. 1580 var vattenförsörjningen så dålig att beslut togs om att anlägga en nedgrävd träledning från pildammen till Stortorget. På Stortorget fanns sedan en vattenbehållare, kallad Kummen, som ledde vattnet ut till andra delar av staden via träledningar ovan mark. Persson, Persson, Ohlsson och Stahre (2007) menar att detta var den första kommunala vattenledning som anlades i det som är Sverige idag.

Malmö var tidig med utveckling av vattenledningssystemet för dricksvatten, men när det gällde avloppssystemet dröjde det betydligt längre innan detta planerades och byggdes (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre, 2007). Avloppsvatten från hushållen fick under tiden rinna ut på gårdarna och vidare ut på gatorna och samlas i rännstenarna. Försök gjordes att leda ut avlopp i Öresund redan på 1500- talet, men misslyckades. Malmös topografi ansågs vara ett problem och gator höjdes istället för att få avloppsvattnet att rinna undan. Åtgärderna hjälpte dock inte speciellt mycket och enligt Persson, Persson, Ohlsson och Stahre (2007) var smutsen och stanken i staden ett ständigt samtalsämne.



Figur 1. Karta baserad på Fäldt Charta öfver Malmö och situationen 1/2 mil däromkring. (Malmö stads digitala kartfunktion, Historiska Kartor. Upphovsman: okänd) Korrebacken försörjde Malmö med dricksvatten under 1500- talet och fram till 1800- talet.



Figur 2. Karta baserad på ritning av Johan Hässelgren över Malmös dricksvattenförsörjning år 1713 (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre, 2007). Vatten transporterades från pildammen till vattenbehållaren Kummen på Stortorget. Från Stortorget distribuerades vattnet till andra delar i staden.

3.2 INDUSTRIALISERINGEN- MITTEN AV 1900-TALET

På grund av ett ökat behov av arbetskraft flyttade många människor in till städerna under andra hälften av 1800-talet. Enligt Novotny, Ahern och Brown (2010) gjorde expanderingen av industrier också att användningen av ånga och fossila bränslen ökade. Urbana föroreningar ökade dramatiskt då industrierna som ofta var placerade intill åar släppte ut orenat avloppsvatten direkt ut i vattendragen (Novotny et al. 2010). Eftersom det urbana ytvattnet fungerade både som dricksvattentäkt och avfallsdepå skapades epidemier av vattenburna sjukdomar (Novotny, Ahern och Brown 2010). Enligt Novotny, Ahern och Brown (2010) var nästan alla stora och medelstora åar och vattendrag under industrialismen i Europa kraftigt förorenade. Denna tidsperiod utgjordes därför av massiva investeringar i utbyggnaden av avloppsnätet som en åtgärd mot de förorenade ytvattentäkterna. Sedan slutet av 1800-talet byggdes ledningsnätet som kombinerat, d.v.s. det tog hand om avloppsvatten och regnvatten i kombinerade ledningar, som en ingenjörsmässig metod att lösa problemet med förorenat ytvatten. Spolande toaletter ersatte latriner och kopplades på det redan existerande eller nybyggda ledningsnätet. (Novotny, Ahern och Brown 2010).

Under första halvan av 1900-talet gjordes många av städernas ytor hårdgjorda och användningen av betong och asfalt blev alltmer vanligt förekommande (Novotny, Ahern och Brown 2010, s. 21). Detta ledde till sämre möjligheter för regnvattnet att infiltreras vilket i sin tur bidrog till att diken och dammar fick utstå högre belastning av avrunnet förorenat vatten. För att få bort problemet med förorenade vattendrag blev lösningen att kulvertera små och mellanstora diken och vattendrag i städerna till kombinerade ledningar under marken. Principen med denna kontroll av föroreningar var att

med snabb bortledning av avloppsvatten och dagvatten till närmaste vattendrag (recipient), minska spridningen av sjukdomar. Avfallet skulle sedan sedimenteras och recipienten på så sätt rena sig själv. (Novotny, Ahern och Brown 2010)

Dreiseitl konstaterar att den utvecklingen som skett vad gäller den urbana vattenhanteringen under 1900-talet har lett en hög nivå av komfort och förbättrad hygien i våra städer och hushåll. Oreglerade sanitära förhållanden, som fortfarande existerade i många städer vid förra sekelskiftet, med tyfus och kolera epidemier som följd, är idag någonting ur det förgångna i moderna samhällen (Dreiseitl 1999, s. 25). Däremot menar Stockman (2008) att urbaniseringen och utvecklingen av ledningssystemet också bidragit till att nästan all synlig vatteninfrastruktur har försvunnit i många städer. Den urbana strukturen har således blivit separerad från staden hydrologiska system, då ledningsnät under marken tar bort all den visuella och spatiala logiken av hur vattnets avrinningsområde ser ut i staden. Detta medför att städer i världen ser likadana ut oberoende vart de ligger och de hur de underliggande hydrologiska systemen ser ut. (Stockman 2008)

Malmö

Persson, Persson, Ohlsson och Stahre (2007) skriver att liksom många andra europeiska städer ökade även Malmös befolkning kraftigt under första halvan av 1800-talet, vilket till stor del berodde på industrins framgång. Industrierna hävdade sin rätt att släppa ut sitt avlopp orenat i Malmös kanaler, medan Sundhetsnämnden, som skulle se till hälsan hos stadens medborgare, hänvisade till stadsmiljön och invånarnas hälsa. I ett beslut från kungen fick industrierna till slut rätten på sin sida och det blev det

fritt fram att släppa ut avlopp direkt i kanalerna (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007). Axel Danielsson, tidningen Arbetets grundare, har beskrivit upplevelsen av Malmös kanaler i början av 1800- talet så här;

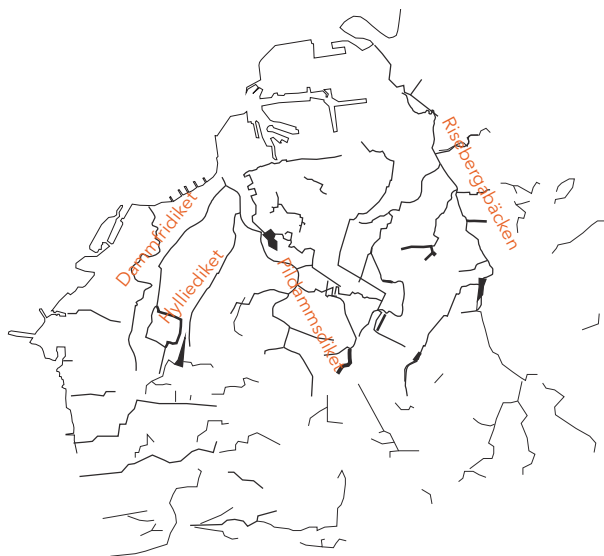
"kanalen, som med sin halvcirkel, liknande två av havets utsända armar, skiljer förstäderna från Gamla staden, röres upp av vågsvallet och sprider åt alla håll en tjock vidrig lukt av alla industriens upplösta avskräden, blandade om varandra. Vattnet är svart och trånglänsande, men efter hand som fabrikerna börjar utsöndra sitt slamvatten uppstå olikfärgade fläckar kring kloaktrummornas mynnningar, och var och en av dessa fläckar luktar på sitt sätt, till dess den flyter ihop med de andra(...)Så bildas stadens atmosfär." Axel Danielsson. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 88-89)

På 1850-talet började sambandet mellan förorenat vatten och sjukdomar uppmärksammas runt om i Europa. Malmö drabbades vid denna tid hårt av kolera som skördade många offer. Eftersom smittan spreds genom förorenat dricksvatten låg förklaringen i att många delar av Malmö saknade allmänna vattenledningar. Avlopp fanns inte alls, utan detta släpptes rakt ut på gårdar och i rännstenar och det urbana vattentäkten sågs därför utgöra ett stort hot mot folkhälsan. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 20- 21)

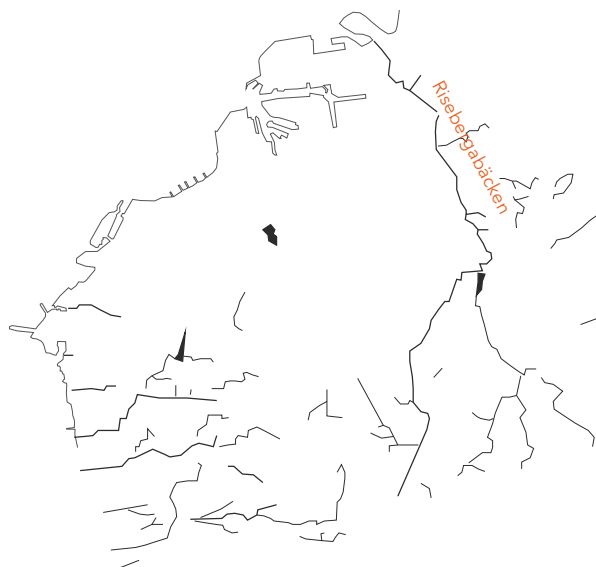
Under andra halvan av 1800- talet togs beslut att avloppsvatten inte längre skulle släppas ut i kanalen i Malmö, varken från industrier eller från hushåll. Istället gjordes en plan över utbyggnaden av Malmös avlopp som föreslog ett kombinerat ledningsnät som skulle leda ut



Figur 3. Arbetare lägger ner avloppsrör på Drottninggatan öster om Amiralsgatan i Malmö tidigt 1900- tal.
Fotograf: LP Sörensen, Källa: Sydsvenskan.



Figur 4. Malmös diken och vattendrag före diken kulverterades. Underlag: VASYD



Figur 5. Malmös diken och vattendrag efter diken kulverterades. Underlag: VASYD

avloppsvatten och dagvatten i en kombinerad ledning ut till Öresund. Vid kraftiga regn skulle vatten släppas ut i kanalerna för att inte systemet skulle kollapsa. 1905 började arbetet med att anlägga avloppsledningarna och pumpstationer som pumpade ut avloppsvattnet i havet, se figur 3. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 94)

När avloppssystemet var utbyggt 1908 kunde vatten-toaletter installeras i Malmö. Detta var önskvärt för att förbättra de hygieniska förhållandena i staden. (Persson et al, 2007). Men i de västra delarna av staden fick avloppsvattnet länge oreglerat rinna ut i strandkanterna och i kanalen genom diken och ledningar. De sanitära förhållandena upplevdes ohållbara och saneringen av diken påbörjades 1916. De diken som gick genom Malmö och dit avloppsvatten leddes från bebyggelsen

kulverterades då, först Hylliediket, Dammfridiket och sedan resterande diken. Detta resulterade i att de hygieniska förhållandena förbättrades avsevärt i städerna. Det enda dike som idag finns kvar är Risebergabäcken, som rinner i östra Malmö parallellt med det som är Inre ringvägen, se figur 4 och 5. Under 1930 och 40- talet förbättrades ledningssystemet och pumpstationerna som förde avloppsvattnet ut i Öresund. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 97)

3.3 MITTEN AV 1900-TALET OCH FRAMÅT

Under andra halvan av 1900-talet började problemen med föroreningar i sjöar och vattendragen uppmärksammas men också källorna till vad som orsakade föroreningarna. Enligt Novotny, Ahern och Brown (2010) kan denna period också kallas för ”end of pipe-control”, därför att det hittills dominerade sätt att hanterat avloppsvatten på, d.v.s. snabb avledning genom ledningssystem under mark, hittills började anses som ett stort problem vad gäller föroreningar. Perioden utgjorde nya insikter och nya regler kring vattenhanteringen i olika delar av världen. I USA klubbades Clean Water Act (CWA) igenom av kongressen 1972 och var en nödvändig åtgärd för att förändra vattenhanteringen i de amerikanska städerna. Målet med minskningar av föroreningar skiftade från att som tidigare skydda människors hälsa till ett vidare mål som även inkluderade välbefinnandet hos människor men kom också att innefatta vattenlevande organismer och kvalitén på vattnet i sjöar och vattendrag. (Novotny, Ahern och Brown 2010)

Enligt Lidström (2008) kom varnande signaler om problemen med förorenade vattendrag under tidigt 1900-tal i Sverige. Men det var först 1936 som en statlig utredning tillsattes som sedan resulterade i en vattenvårdslag 1942. Vattenvårdslagen gav direktiv på utformningen av större anläggningar för avloppsrening. Utbyggnaden av avloppsreningsverk tog fart på allvar under 1950-talet efter ett utbrott av salmonella som drog över hela Sverige. Efter fortsatta utredningar kring föroreningar i vattendragen tillkom en miljöskyddslag 1969. Lidström (2008) menar att utvecklingen av avloppsreningsverk i Sverige därefter har skett i takt med hur recipienterna reagerat. (Lidström 2008, s. 18)

I Europa infördes EU:s ramdirektiv för vatten år 2000 vilket gör att Europas länder idag har en gemensam vattenpolitik för att säkerställa tillgången till vatten av god kvalitet i ett längre perspektiv (Svenskt Vatten 2011, s.19). Vattendirektivet som det kallas för i Sverige, har medfört ett nytt synsätt på hanteringen av vatten. Istället för att nationella och kommunala gränser ska vara utgångspunkten när det kommer till att säkerställa en god vattenkvalitet är det istället vattnets naturliga avrinningsområde som är utgångspunkten. Det övergripande målet med direktivet är att vattenkvaliteten ska bevaras där den är god och förbättras där den inte är god. Det handlar då om att förbättra och återställa statusen i ytvattentäkter, minska föroreningar orsakade av utsläpp av farliga ämnen men också om att minska effekterna av översvämningar och torka. (Svenskt Vatten 2011, s.19)

Malmö

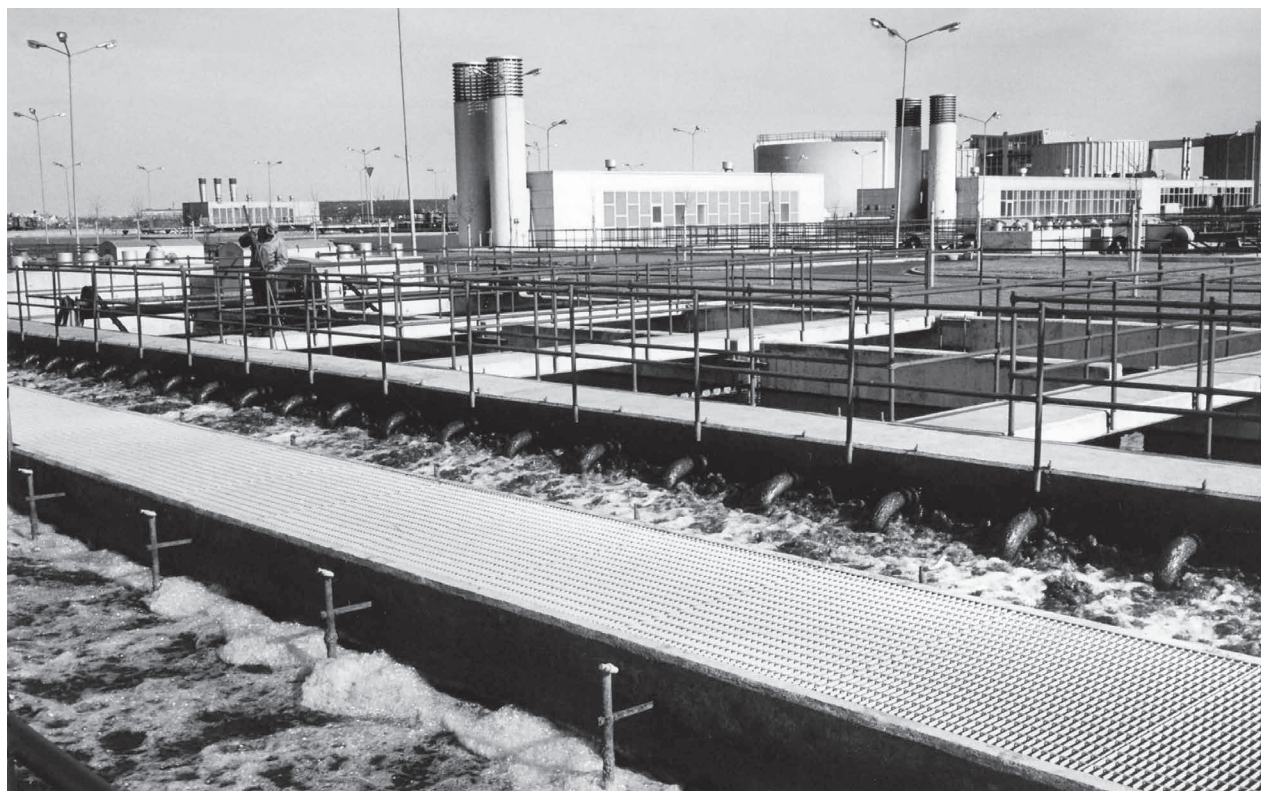
Under mitten av 50- talet var Malmös ledningsnät utbyggt för hela staden och fyra pumpstationer pumpade ut avloppsvatten i Öresund. Brister i avloppshanteringen hade ett par år tidigare uppmärksamats och en vilja framförts att kunna utnyttja havet och stränderna i Malmö i rekreativt syfte. Problemet var att stadens befolkningsökning i kombination med att fler hushåll anslöt sig till vattentoalett gjorde att belastningen ökade och avloppsvattnet samlades vid stränderna utan att flyta undan. Detta ledde till att 1952 fick namnet ”den stora stankens år”. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 104)

Persson, Persson, Ohlsson och Stahre (2007) skriver att som en åtgärd mot problemen med de förorenade stränderna i Malmö började planeringen för stadens

reningsverk. En generalplan utträttades 1955 och redovisade förslag på reningsverk med biologisk rening som skulle anläggas i staden. Planen resulterade i att Malmös första avloppsreningsverk, Sjölunda, stod klart 1963 (se figur 6), och senare även reningsverket vid Klagshamn 1974. Utbyggnaderna av reningsverken i Malmö gjordes därefter efter påtryckningar från Koncessionsnämnden för miljöskydd och naturvårdsverket i enlighet med 1969 års miljöskyddslag i syfte att få en mer effektiv rening. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 107)

Trots att Malmös reningsverk för avloppsvatten var i bruk började problemen med de befintliga ledningsnätet uppmärksammas. Dels ledde kraftiga regn till att ledningssystemet blev överbelastat och gjorde att områden med

det kombinerade ledningsnätet översvämades (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007). Ett annat problem var att reningsverken inte alltid hade kapaciteten att rena de stora flöden som kom genom de kombinerade ledningarna. För att förebygga översvämningar skapades det bräddningsmöjligheter i det kombinerade ledningsnätet, d.v.s. avlastningsmöjligheter i form av direkt utsläpp av avloppsvatten till recipient. En annan lösning på problemet var att bygga en separat dagvattenledning som var bättre anpassad för dagvattenflöden och som ledde dagvattnet i separat ledning till recipienten. På detta sätt skulle det kombinerade avloppsnätet avlastas. Detta separerade ledningssystem för dagvatten var från och med 1950- talet det vanligaste systemet att anlägga i nybyggnationer. Detta system kallas även för duplikat-system. (Lidström 2008, s. 89-91)



Figur 6. Sjölunda reningsverk 1971. Fotograf: Ernst Henriksson, Källa: Sydsvenskan



Figur 7. Översvämning på Studentgatan efter regn i Malmö 1914. Fotograf: Otto Ohm, Källa: Sydsvenskan

Med anledning av problemet med bräddningar av orenat avloppsvatten till recipienterna, men också de återkommande problemen med översvämningar i de kombinerade avloppsområdena togs beslut om att det kombinerade systemet skulle byggas om till duplikat. Detta visade sig dock inte vara någon bra lösning eftersom ombyggnaden skulle ta mycket lång tid och en separering av det kombinerade nätet totalt sett skulle leda till en ökning av föroreningar för Malmös vattenområden. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 108)

Insikten om att en ombyggnation av ledningssystemet skulle vara både kostsamt och bidra med stora påfrestningar på miljön har gjort att Malmö sedan 80-talet utträttat så kallade *Åtgärdsplaner för Malmös avlopp* som

uppdateras kontinuerligt var tionde år. Persson, Persson, Ohlsson och Stahre (2007) skriver att åtgärdsplanernas främsta syfte är att med olika alternativa åtgärder minska olägenheterna med de kombinerade systemen. Åtgärdena har syftat till att dels minska utsläppen av obehandlat avloppsvatten genom bräddningar från det kombinerade avloppsnätet, dels också att minska översvämningarna i de kombinerade avloppsområdena. Åtgärdena har framförallt varit i form av olika anordningar för fördröjning av höga flöden samt att trånga sektioner i ledningsnätet byggs bort. Under de senaste 20 åren har ytterligare tillägg gjorts i planen för att begränsa tillförseln av dagvatten till kombinerade avloppsledningar genom att försöka ta hand om dagvattnet lokalt genom öppna lösningar i stadsmiljön. (Persson, Persson, Ohlsson och Stahre 2007, s. 109)

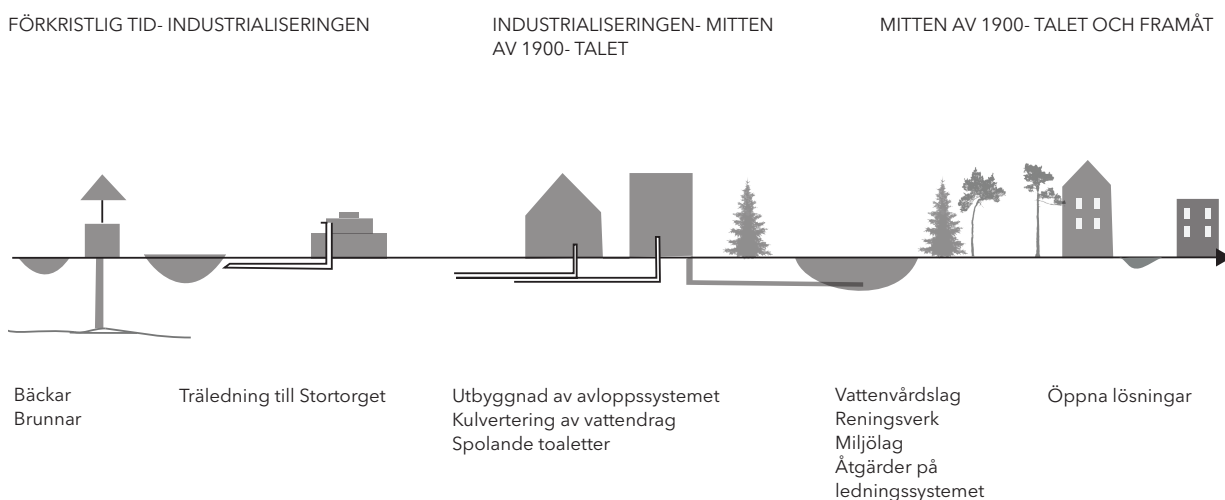
3.4 SAMMANFATTNING

Önskan om att leda vatten till och från staden är densamma idag som för 2000 år sedan. Däremot har metoderna förändrats i takt med utvecklingen av teknik och samhälle. En jämförelse mellan utvecklingen i Malmö och en mer generell beskrivning visar på att samma utveckling har skett i många delar av världen när det kommer till urbanisering och hanteringen av vatten.

En tillbakablick i historien visar på hur det tekniska ledningssystemet har utvecklats för att hantera en mer och mer komplex urban miljö. Utvecklingen av den urbana vattenhanteringen har skett utifrån behoven som har funnits, men också som en reaktion eller åtgärder på problem som uppstått i och med urbaniseringen, som sjukdomar, föroreningar och översvämningar. Varje steg i utvecklingen av ledningssystemet har präglats utefter de förutsättningar och den kunskap som fanns tillgänglig under just den specifika tidsperioden.

Malmö var jämförelsevis tidig med utbyggnaden av ledningssystem för dricksvattenförsörjning på 1500-talet. Det dröjde dock länge innan staden fick ett system för hanteringen av dagvatten och avloppsvatten. Detta system utvecklades vid förra sekelskiftet och byggdes först och främst som en reaktion på de dåliga sanitära förhållandena som rådde då. Det tog sedan ett halvt decennium innan ledningssystemets miljöpåverkan uppmärksammades och byggandet av reningsverk tog fart.

Detta system som utvecklades vid förra sekelskiftet är något som samhället idag är djupt beroende av. Trots att ledningssystemet byggdes för att lösa utmaningar i samhället och senare kompletterades med reningsverk, finns idag en insikt om systemets begränsningar när det kommer till hanteringen av dagvatten. Idag handlar förbättring av ledningssystemet om kompletterande åtgärder för att så långt som det är möjligt säkerställa en tillräcklig kapacitet och en god kvalitet på det urbana vattnet.



Figur 8. Utveckling av urban vattenhantering i Malmö utifrån de ovan beskrivna tidsperioderna.

4 URBAN DAGVATTEN- HANTERING IDAG

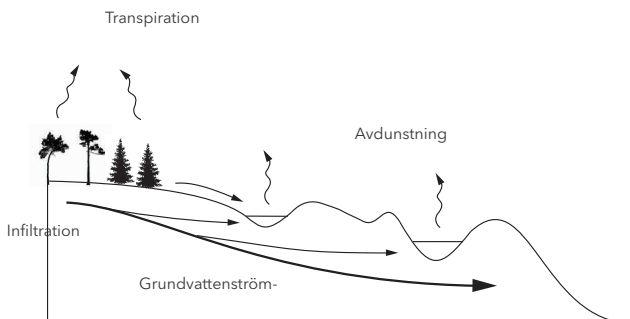
Syftet med kapitlet är att beskriva vilka utmaningar urbaniseringen har medfört vad gäller den urbana dagvattenhanteringen idag samt vilka utmaningar den urbana miljön ställs inför i framtiden när städerna kommer att behöva ta emot kraftfullare regn under kortare tidsperioder. I kapitlet ges också en introduktion till hållbar dagvattenhantering som en möjlighet till att hantera effekterna av urbaniseringen men också som en del av en strategi för att klimatanpassa den befintliga miljön till att kunna omhänderta mer regn i framtiden. I kapitlet redovisas också möjligheter och utmaningar till att implementera hållbar dagvattenhantering i den befintliga miljön.

4.1 URBANISERINGENS INVERKAN PÅ DAGVATTENHANTERING

I detta stycke undersöks hur vattnets naturliga processer har påverkats av urbaniseringen men också hur den urbana miljön påverkas av traditionell dagvattenhantering.

4.1.1 ETT SKAPAT KRETSLOPP

I boken *Vårt Vatten* gör Lidström (2013) skillnad mellan vattnets naturliga kretslopp och det skapade kretslopp som vi har i våra samhällen. I det naturliga kretsloppet är vattnet i ständig rörelse och drivs av solenergi. När solen värmer upp vatten från öppna ytor sker evaporation, d.v.s. vatten avdunstar till luften. Transpiration sker också från växterna, vilket är den avdunstning som sker från bladens klyvöppningar. Det avdunstade vattnet kyls sedan ner och faller som nederbörd. Vattnet transporteras sedan tillbaka till havet via grund- och ytvattenströmmar, se figur 9. (Lidström, 2013)



Figur 9. Principen för vattnets naturliga kretslopp. Efter Lidström (2013)

Då det naturliga kretsloppet inte har räckt till både vad gäller kostnadseffektivitet och markanvändning, har människor skapat ett kretslopp för att kunna ta den mängden vatten från det naturliga kretsloppet som vi behöver för att sedan lämna tillbaka det (Lidström, 2013).

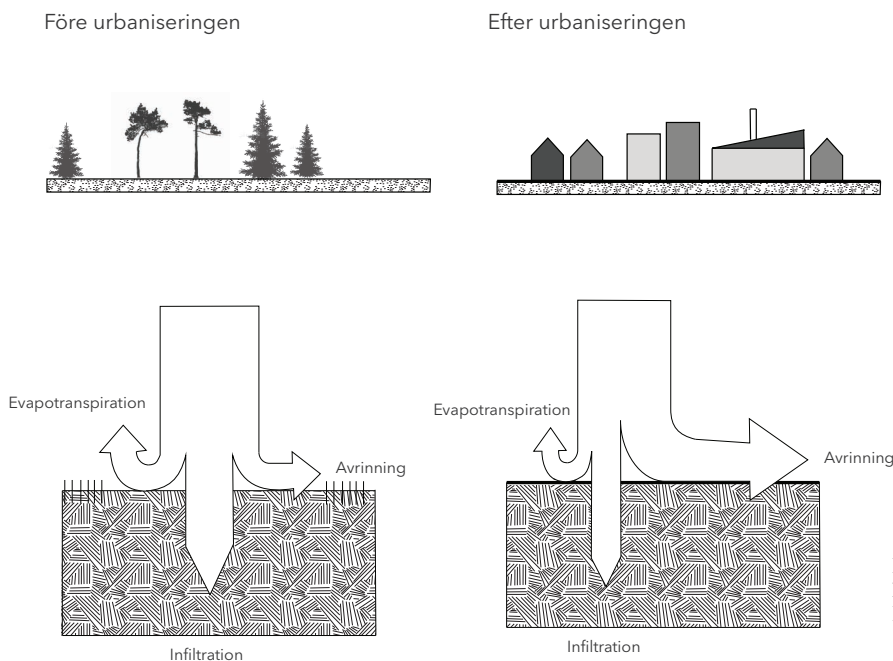
Vi har då utvecklat ett ledningssystem som leder vatten till oss i form av livsmedel från vattenverk, men också leder bort det i form av avfall till reningsverk med syfte att rena vattnet innan det återförs till det naturliga kretsloppet. Lidström (2013) uttrycker det som att människan genom urbanisering och utvecklingen av ledningssystemet på detta sätt skapat en extra loop i vattnets kretslopp (Lidström, 2013, s. 11).

Lidström (2013) menar att den största skillnaden mellan det skapade och det naturliga kretsloppet är att reningsprocessen sker i en mer koncentrerad form i det skapade kretsloppet än i naturen. Dels för att samhället idag kräver en större tillförsel av vatten till systemet för att komma fler människor till del, dels också på grund av en ökad koncentration av föroreningar och det naturliga sättet att rena vattnet då inte räcker till. (Lidström, 2013, s. 13)

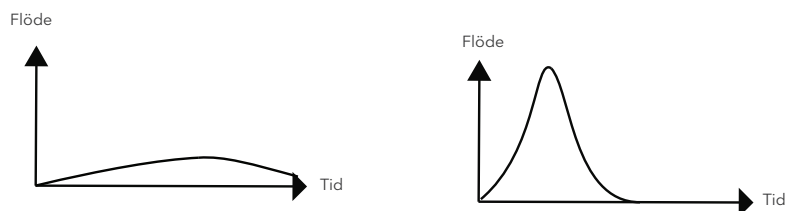
Butler och Davies (2004) betonar vikten av att förstå vad som händer då ett naturligt system ersätts med ett artificiellt. Jämsides utvecklingen av ledningssystemet har urbaniseringen också lett till att stadens förmåga att på ett naturligt sätt dränera regnvatten genom infiltration ersatts av vad Butler and Davies (2004) kallar för artificiell dränering, d.v.s. snabb bortledning av dagvattnet genom ledningsnätet. I det naturliga kretsloppet, när regnvatten faller på en vegetationsyta återförs en del av vattnet tillbaka till atmosfären genom evaporation eller transpiration från växternas klyvöppningar, se figur 10. En del infiltreras ner i marken och blir grundvatten och en del rinner av på ytan. I vilka proportioner detta sker beror på ytans kapacitet att infiltrera vattnet. (Butler and Davies, 2004, s. 3)

Urbaniseringen och förtätning av våra städer har resulterat i att ytor som tidigare varit infiltrerbara och täckta av vegetation, omvandlats till hårdgjorda ytor som vägar, parkeringsplatser och hustak. Detta har lett till att städernas möjlighet att naturligt och lokalt infiltrera regnvattnet minskat och mängden regnvatten som tar sig fram på ytan, ytavrinningen ökat, se figur 10 (Butler and Davies 2004, s. 3). Ytavrinningen ovan mark sker också snabbare idag eftersom vattnet rinner snabbare över hårdgjorda

ytor än över vegetationsklädda (Butler and Davies 2004; Stahre 2004, s. 9). Detta beror på att den fördröjning som infiltrationen ger upphov till inte sker (Lidström 2013, s. 13). Den snabbare avrinningen leder till att flödet har ett snabbare förlopp och flödestopparna blir betydligt större (Butler and Davies 2004, s. 3), se figur 11. Detta leder till att vid kraftiga regn är avrinningen så stor att ledningssystemet lättare blir fullt.



Figur 10. Illustration över hur ytavrinningen har förändrats i och med urbaniseringen. Efter Butler and Davies (2000).



Figur 11. Avrinning av regnvatten före och efter urbaniseringen. Graferna illustrerar den tid det tar för vattnet att rinna till recipient eller ledningssystem. Efter Butler and Davies (2000)

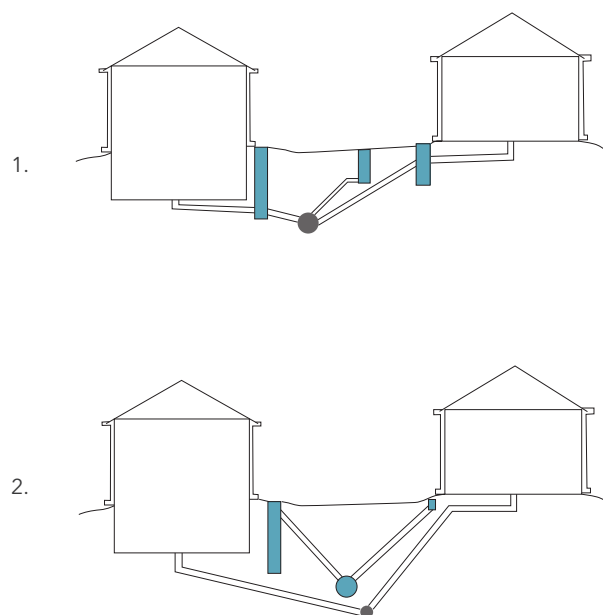
4.1.2 ETT BEGRÄNSAT LEDNINGSSYSTEM OCH TRADITIONELL DAGVATTENHANTERING

Dagvatten utgörs av avrinnande regn- och smältvatten från hårdgjorda ytor. Hanteringen av dagvatten delas in efter olika avrinningsområden. Ett avrinningsområde är en geografisk uppdelning baserad på hur de topografiska förhållandena ser ut i staden. För varje avrinningsområde finns ett vattendrag, en recipient som är mottagare av dagvattnet inom området. (VA Syd 2009)

I urbana miljöer leds dagvatten idag vanligtvis ned i ett slutet ledningssystem, anordnade så att vattnet leds bort så snabbt som möjligt. Det finns dock olika typer av ledningssystem i staden för att omhänderta dagvatten. De vanligaste typerna av ledningssystem är kombinerat system och duplikat system, se figur 12. I det kombinerade ledningssystemet leds dagvatten och spillvatten i gemensam ledning till reningsverket. Denna typ av ledningssystem finns ofta i de äldre delarna av städerna (Stahre 2004, s. 9). I områden med duplikat ledningssystem leds spillvatten och dagvatten i skilda ledningar till reningsverk respektive recipient. Som beskrivs i kapitel tre började det duplikata ledningssystemet byggas efter 1960- talet och finns därför ofta i städernas ytterområden. (Lidström 2013)

Stahre (2004) skriver att när tätorterna växer och ledningssystemet byggs ut och kopplas på det befintliga, tillförs ledningssystemet också allt mer dagvatten. Risken för att ledningssystemet ska bli överbelastat vid kraftiga regntillfällen ökar då (Stahre 2004, s. 10). Ledningsnätet har traditionellt byggts för att klara regn med en återkomsttid på 5-10 år. Detta betyder att alla regnmängder över detta kan komma att resultera i översvämningar (Novotny et al, 2012). I områden med kombinerat system kan kraftiga regn också resultera i att avloppsvatten trycks upp genom avloppsbrunnar i lågt liggande källare och orsaka översvämningar (Stahre 2004, s.10).

Kraftfulla regn leder också till ökade föroreningar i recipienterna då ledningssystemet är konstruerat så att bräddningar sker när ledningssystemet blir för fullt. Med detta menas att spill- och dagvatten släpps ut orenat till recipienterna. I realiteten förekommer inom varje bräddningstillfälle en stor variation av föroreningskoncentrationen i bräddvattnet. Detta beror främst på nederbördsintensitet samt föroreningsmängd i avloppsnät och på avrinningsytor. Föroreningar kommer också till recipienten från dagvattnet som leds dit via dagvattenledningar och öppna diken. (VA Syd, 2009)



Figur 12. Principillustrationer över 1. Kombinerat ledningssystem. 2. Duplikat ledningssystem. Efter Svenskt Vatten (2014)

4.2 KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS INVERKAN PÅ URBAN DAGVATTENHANTERING

För att beskriva hur kraftigt ett regn är används återkomsttider, vilket innebär hur ofta ett regn av en viss storlek återkommer. Ett 100-års regn är ett regn som statistiskt återkommer en gång vart hundra år. Det finns dock ingen garanti för att ett 100-års regn i verkligheten inte inträffar med ett kortare intervall än 100 år (SMHI 2015-06-11). Med regnintensitet menas hur mycket regn som faller på en viss tid. Ett skyfall, som enligt skalan är det mest intensiva regnet, innebär att 50 mm regn faller på en timme (SMHI 2015-07-28). Detta kan jämföras med skyfallet i Malmö i augusti 2014 då det under den mest intensiva tidsperioden föll 100 mm regn på en timme (SMHI 2014-09-02).

Kraftiga regn eller stora regnmängder under kort tid innebär att ledningssystemet tillfälligt blir överbelastad då detta endast är dimensionerat för normal nederbörd. (SOU 2007:60, s. 326) Enligt Svenskt Vatten (2011) finns det en svårighet att med nuvarande underlag bedöma hur stora konsekvenserna kommer att bli med den framtida ökade korttidsnederbörden i områden inom det befintliga avloppsnätet. Risken bedöms dock vara stor att översvämningar kommer att öka såvida inga åtgärder vidtas (Svenskt Vatten 2011, s. 17). Dels kommer utsattheten att öka i de områden som redan idag är utsatta i samhället och dels kommer troligtvis nya områden att tillkomma. (Svenskt Vatten 2007)

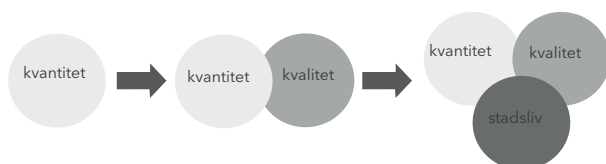
De ökade regnmängderna kommer också påverka möjligheten att leda dagvattnet till recipienten, eftersom en ökad nederbörd också leder till att vattennivån i recipienten höjs. I värsta fall kan detta resultera i översvämningar av närliggande bebyggelse och infrastruktur. (Svenskt Vatten 2014, s. 10)

Då det naturliga sättet att infiltrera regnvatten i marken har minskat ökar också svårigheten för den urbana miljön att hantera de ökade regnmängderna. Tyngdpunkten för ökningen av de extrema regnen är under vinterhalvåret då avdunstningen är liten och växternas upptagningsförmåga av vatten är låg. (Svenskt Vatten 2014, s 10; SOU 2007:60, s. 323). Kapaciteten hos de infiltrerbara ytorna är på så vis låg då de stora flödena förväntas.

4.3 HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING

"Technology used to be defined as an action exerted by man on nature. Nowadays we may wonder, especially in the urban context, whether man is adapting the very concept of nature to cope with the challenges we face." (Picon, 2005, s. 107)

För att lösa de problem som urbaniseringen och det skapade systemet gett upphov till som snabbare avrinning och översvämningar, gjordes till en början försök att öka ledningsnätets kapacitet. Dagvattenhanteringen var då något som var helt och hållet ämnat kommunens VA- tekniker och baserades på tekniska och ekonomiska överväganden. Den urbana dagvattenhantering har därefter utvecklats till att rymma fler aspekter än kapacitetsökande åtgärder. Något som påverkat denna utveckling är hållbarhetsbegreppet (Stahre 2004, s. 11) som introducerades av *The World Commission on Environment and Development* 1987 och syftar till att skapa en samhällsutveckling som ger en ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet (WCED 1987). Innebörden av begreppet har medfört en ökad förståelse vad gäller vattnets betydelse i byggandet av hållbara städer. Högre krav har börjat ställas på begränsningar vad gäller dagvattnets föroreningsinnehåll, men även att synliggöra vattnet och att utnyttja vattnet som en resurs i stadsmiljön, se figur 13. (Stahre, 2004, s. 11-12)



Figur 13. Utvecklingen av hållbar dagvattenhantering. Efter Svenskt Vatten (2011)

Enligt Stahre (2004) innebär definitionen av hållbar dagvattenhantering att regnvatten tas om hand i öppna eller delvis öppna system, men det kan också innebära en kombination av öppna och traditionella system (Stahre 2004 s. 12). Öppna system efterliknar naturens sätt att hantera vatten som t.ex. infiltrering i marken, eller fördröjning i dammar eller över vegetationsklädda ytor. I öppna system är vattnet synligt under avrinningen (Stahre, 2004 s. 19). Traditionella lösningar innebär åtgärder som att leda dagvattnet under mark, men även lösningar som underjordiska magasin för tillfällig förvaring av dagvatten. Det bör poängteras att hållbar dagvattenhantering inte endast handlar om att hantera vatten i öppna system, utan att se vilka lösningar som är mest lämpade för de lokala förhållanden (Stahre 2004 s. 12; Svenskt Vatten 2011, s. 11). Ofta behövs en kombination av lösningar för att uppnå en hållbar dagvatten och ett kostnadseffektivt resultat (Stahre, 2004, s.10).

4.3.1 ÖPPNA SYSTEM

Stahre (2004) delar upp öppna dagvattenlösningar i fyra kategorier. **Lokalt omhändertagande, fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning.** Tillsammans täcker kategorierna hela avrinningskedjan, från att vattnet landar på marken tills det når slutet av avrinningsområdet. Principerna är kopplade till om vattnet tas om hand på privat mark eller på allmän platsmark, se figur 14. (Stahre 2004, s. 19)

Begreppet **lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD)** innebär omhändertagande av dagvatten på privat mark. Förklaringen till varför LOD begränsas till privat mark är att ägarförhållandena har stor betydelse för vilken åtgärd som är möjlig och hur denna åtgärd kommer utformas. (Stahre, 2004, s. 23) Resterande tre principer avser alla åtgärder på allmän platsmark.

Fördröjning nära källan innebär att regnvatten tas om hand där det faller, antingen genom infiltration eller att tillfälligt samla upp och fördröja det. Begreppet används för anläggningar i de övre delarna av avrinningskedjan. (Stahre, 2004, s. 39)

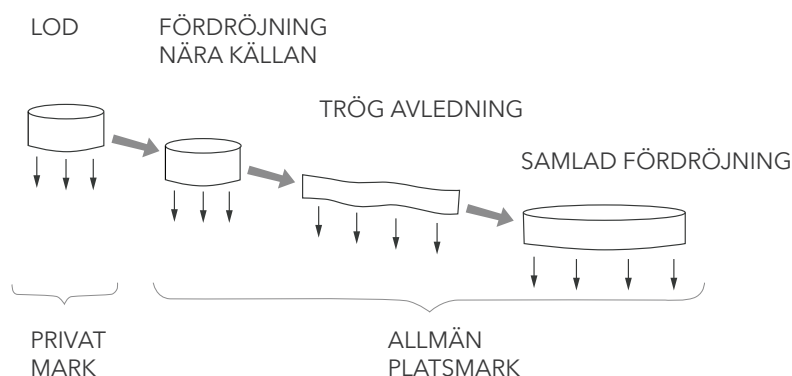
Med **Trög avledning** menas en långsam vidaretransport av vattnet från de övre delarna av avrinningsområdet. Åtgärder för trög avledning syftar till att fördröja dagvattnet innan det når ledningssystem eller recipient. (Stahre, 2004, s. 49)

Samlad fördröjning innebär större anläggningar som minskar eller fördröjer dagvattnet i slutet av avrinningskedjan. Till dessa anläggningar leds dagvatten från större upptagningsområden. (Stahre 2004, s. 59).

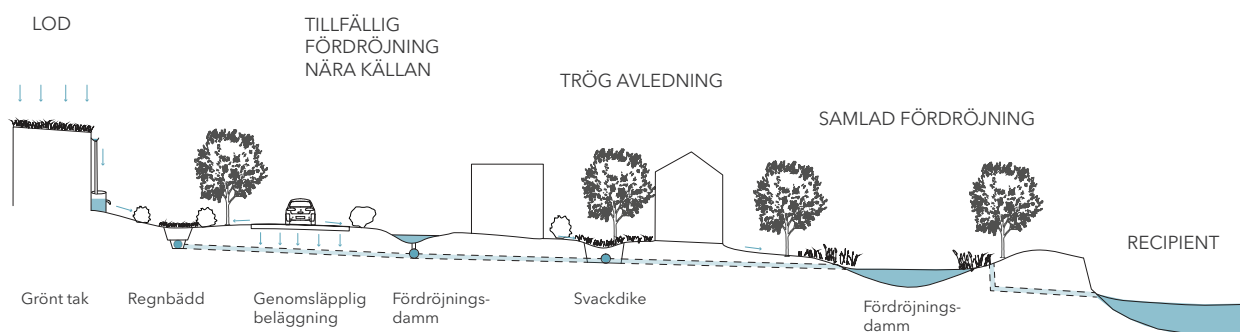
Kategoriseringen av öppna dagvattenlösningar som beskrivs ovan bygger dels på anläggningarnas placering i avrinningskedjan men också över vem som har ansvaret för anläggningen, kommunalt eller privat. I denna uppdelning finns det dock ingen direkt koppling mellan

anläggningens placering och dess tekniska utformning vilket innebär att samma typ av åtgärd kan förekomma på flera ställen i avrinningskedjan. (Stahre 2004, s. 20-21). T.ex. kan en damm på ett ställe inom avrinningskedjan vara en åtgärd som **fördröjer nära källan**, medan den längre ner i avrinningskedjan innebär **samlad fördröjning**.

För att uppnå en effektiv dagvattenhantering av öppna system behöver lösningar sättas in genom hela dagvattnets avrinningskedja, från det att vattnet landar på marken till att det kommer till ledningssystemet eller till en recipient (se figur 15). Åtgärder som fördröjer dagvattnet nära källan, t.ex. gröna tak eller genomsläpplig beläggning, behöver på så vis kombineras med åtgärder längre ner i avrinningssystemet, som svackdiken, dammar eller våtmarker. (Stahre 2004, s. 21). Som grundläggande regel gäller att dagvattnet så tidigt som möjligt återförs till det naturliga kretsloppet. Det mest effektiva sättet att göra detta på är att ersätta hårdgjord yta med genomsläppliga ytor för att ta hand om dagvattnet så nära källan som möjligt. (Stahre 2004, s. 22)



Figur 14. Kategorier för öppna system. Efter Stahre (2004)



Figur 15. Principillustration av dagvattnets avrinningskedja. Efter Svenskt Vatten (2011)

4.3.2 RENING AV DAGVATTNET

Föroreningshalten i dagvattnet beror dels på föroreningshalten i nederbörden orsakad av utsläpp i regionen där regnet bildas, dels också på de föroreningskällor som finns inom avrinningsområdet där regnvattnet hamnar (Svenskt Vatten 2013, s. 28). Källor till föroreningar kan vara avgaser och däckslitage, byggnadsmaterial och spillning från djur (Lidström 2008, s. 129). Generellt sätt är trafiken den enskilt största källan till föroreningar i dagvattnet. Stora infartsleder och större parkeringsplatser har oftast höga föroreningshalter, medan mindre lokalgator och bostadsområden har låga till måttliga föroreningshalter. Denna ”stadstvätt” som sker när v rinner på stadens ytor gör att dagvattnet är som mest förorenat i början av ett regn. (Malmö stad 2008, s. 24) Enligt Butler and Davies (2004) kan dagvattnet i vissa fall vara lika förorenat som avloppsvatten.

I det duplikata systemet, då vattnet leds direkt till recipient, behövs rening av dagvattnet för att minska miljöbelastningen och för att recipienterna ska uppnå god status (Svenskt Vatten 2013, s. 31). Detta är extra angeläget för hårt trafikerade vägar och industriområden då dessa innehåller en hög grad av föroreningar (Svenskt Vatten 2014, s. 22). I den urbana miljön finns dessutom ett

behov av yteffektiv rening då den täta stadsstruktur inte möjliggör större anläggningar (Svenskt Vatten 2013, s. 36). Rening av dagvattnet bör ske längst hela avrinningskedjan, eftersom föroreningar ackumuleras under vattnets väg från det att det landar på marken till det att det når recipienten eller ledningssystemet. (Svenskt Vatten 2013, s. 31)

Svenskt Vatten (2013) konstaterar att det finns ett behov av att både utveckla befintliga metoder och att hitta nya metoder för rening av dagvatten. Det behövs en bättre förståelse för hur det lokala dagvattnets kvalitet varierar och på vilket sätt dagvattnet bör behandlas (Svenskt Vatten 2013, s. 36). Det finns också en osäkerhet kring hur effektiva olika reningsmetoder är. (Svenskt Vatten 2013, s. 31)

4.3.3 VÄXTERNAS FUNKTION

I dagvattenhanteringen i öppna system är vegetationen ett viktigt inslag. Växterna har dels en hydrologisk funktion, dels en renande funktion. Som komplement till detta kan vegetationen i öppna lösningar också bidra till att göra anläggningen estetiskt berikande och öka de biologiska mångfalden. (Svenskt Vatten 2011, s. 88)

Den hydrologiska funktionen innebär växternas möjlighet att fördröja och minska vattenflödet, vilket sker på flera olika sätt. Växternas rötter bidrar till en bättre infiltration av dagvattnet i marken (Svenskt Vatten 2011, s. 87). Minskning av vattenmängden sker också genom evapotranspiration, d.v.s. den samlade avdunstning från marken och bladens klyvöppningar (Fridell och Jergmo 2015, s. 7). Ett av syftena med öppna lösningar är att sakta ner vattenflödet. Växterna utgör då ett bromsande element i anläggningen, samtidigt som de minskar risken för erosion (Svenskt Vatten 2011, s. 87). I urban miljö är träd en stor resurs för dagvattenhanteringen. De tar upp stora mängder vatten under vegetationsperioden, dels genom infiltration i marken ner till rotsystemet, men också genom fördröjning i lövverket. (Svenskt Vatten 2011, s. 88)

Växterna i den öppna dagvattenhanteringen kan också ha en renande funktion. På senare tid har det skett en utveckling av dagvattendammars renande effekt på dagvattnet. Reningsfunktionen för dammarna bygger till största del på filtrering och sedimentering av partiklar, vilket betyder att föroreningar fastnar i växtligheten och partiklar sjunker till botten. (Svenskt Vatten 2013, s. 31) Växter kan också hindra sedimenterade föroreningar att virvla upp vid höga flöden (Svenskt Vatten 2011, s. 87). Rening av dagvatten genom avskiljning av lösta ämnen från dagvattnet finns det desto mindre kunskap om (Svenskt Vatten 2013, s. 31). Dock finns det belägg för att vissa växter kan ta upp föroreningar och närsalter i dagvattnet (Svenskt Vatten 2011, s. 87). Växterna kan också reglera syrehalten i vattnet och avge bakteriedödande ämnen via rötter, vilket i sin tur kan minska skadliga mikroorganismer i vattnet. (Fridell och Jergmo 2015, s. 4)

4.3.4 EXEMPEL PÅ ÖPPNA SYSTEM

Beroende på lokala förutsättningar finns det mängder av olika lösningar för att i öppna system omhänderta dagvatten. Nedan följer några exempel på olika anläggningar:

Genomsläpplig beläggning

Genomsläpplig beläggning, se figur 16, kan vara ytor av grus, hålstensbetong, plattor med genomsläppliga fogar eller genomsläpplig asfaltsbeläggning. Dessa ytor har en underbyggnad av ett grövre material som tillfälligt kan magasinera dagvatten innan det infiltreras ner genom beläggningen. Vattnet leds sedan ner till grundvattnet eller till dräneringsledning. (Stahre 2004, s. 28)

Gröna tak

Gröna tak, se figur 17, innebär att tak förses med vegetation av sedumväxter som klarar torrperioder mellan regnen bra och syftar till att bromsa upp avrinningen från en byggnad. Alla mindre regn tas i stort sett upp av ett grönt tak och mätningar över en längre period har visat att gröna tak tar upp ungefär hälften av nederbörden. Fördelar med gröna tak är att de har en isolerande effekt på byggnaden och bidrar till ett bättre mikroklimat i tät stadsmiljö. (Stahre 2004, s. 24)

Dagvattenkanaler

Transport av dagvatten kan i stadsmiljön ske via öppna kanaler, se figur 18, vilket kan bli ett positivt inslag i stadsmiljön och samtidigt visualisera hur dagvatten tas om hand. Denna lösningar är dock inte billigare än en traditionell lösning av ledningssystem under mark. Skötselbehovet är också stort då det lätt samlas skräp i anläggningarna (Stahre 2004, s. 54)

Svackdike

Ett svackdike, se figur 19, är i de flesta fall ett gräsbeklätt dike med flacka kanter och fungerar som en kombination av av infiltrationsyta och öppet avledningssystem. Det står endast vatten i svackdiket vid regn annars är det



Figur 16. Genomsläpplig beläggning



Figur 17. Grönt tak



Figur 18. Dagvattenkanal



Figur 19. Svackdike

torrlagt. Vid behov kan svackdiket förses med dränering som leder bort eventuellt överskottsvatten. (Stahre 2004, s. 50)

Biofilter, regnbädd

Biofilter, se figur 20 och 21, är ett samlingsnamn för åtgärder som syftar till att fördröja och rena dagvattnet dels med vegetation och dels med ett filtermaterial bestående av sand (Fridell och Jergmo 2015, s.4, s.7). I begreppet biofilter kan lösningarna rymmas som bl.a. biosvackdike och regnbädd. Det finns flera olika sätt att utforma biofilter, men grundprincipen utgår från att biofiltret antingen infiltrerar dagvattnet i marken eller låter biofiltret fungera som ett slutet magasin som fördröjer vattnet innan det leds vidare i ledningssystemet. För att överskottsvatten ska kunna ledas bort och inte medföra översvämning vid större regn förses biofiltret med ett bräddavlopp (Fridell, Jergmo 2015, s. 6). Genom att biofiltret är nedsänkt blir den magasinerade förmågan stor då vatten vid kraftiga regn kan samlas i fördröjningszonen, ovan växtjorden (Fridell, Jergmo 2015, s. 9). Ett biofilter kan reducera 50- 80% av den totala mängden tungmetaller som tillförs i dagvattnet när det rinner över t.ex. hårt trafikerade vägar (Fridell och Jergmo 2015, s. 7-8).

Tillfälliga översvämningsytor/ dammar/ bassänger

Vid kraftiga regn då ledningssystemet är överbelastat, kan vattnet ledas till en tillfällig översvämningsyta, se figur 22 (Stahre 2004, s. 45). Ytan samlar vatten tills ledningssystemets kapacitet återgått till det normala och kan ta emot vattnet. För att fungera som en översvämningsyta behöver dessa ytor ligga lägre än omgivande mark. De bör också förses med dränering så att vattnet leds bort och inte blir stående. (Stahre 2004, s. 60) Till en yta som tillfälligt översvämmas är det viktigt att välja växter som både tål torka och översvämning (Svenskt Vatten, 2011, s. 88) Tillfälliga översvämningsytor kan också vara hårdgjorda, främst i tät stadsmiljö. (Stahre 2004, s. 45)



Figur 20. Biosvackdike



Figur 21. Regnbädd



Figur 22. Tillfällig översvämningsyta

Fördröjningsdammar/bassänger

Dammar, se figur 23 och 24, är en av de vanligaste lösningarna för fördröjning av dagvatten (Stahre 2004, s. 46). Dessa dammar har permanent vattenspiegel och kan bli en stor rekreativ resurs i ett område (Stahre 2004, s. 34). De kräver dock relativt mycket skötsel, bl.a. är algutväxten ett problem som kan minska dammens attraktivitet. Det finns flera sätt att komma till bukt med dessa problem. Dammen förses med bottenventil så att vattnet kan släppas ut och dammen renas, en fontän eller pump kan öka cirkulation och syresättning av vattnet eller så kan träd som skuggar placeras runt dammen så att solstrålningen minskas. Dagvattnet kan också låtas passera ett biologisk filter som silar bort en viss del av föroreningarna i dagvattnet innan det leds in i dammen. (Stahre 2004, s. 46) För att dagvattendammar ska vara ett säkert inslag i stadsmiljön bör de vara utformade med flacka slänter och vattendjupet vid kanten ska inte överstiga mer än 20 cm. Det rekommenderade maxdjupet i mitten av anläggningen är 1 meter (Malmö stad 2008, s. 20).

Diken och bäckar

Dagvatten kan också ledas i diken eller bäckar, se figur 25. I bebyggd miljö kan dagvattnet anslutas till befintliga diken och bäckar i området. Det kan också finnas möjlighet att återskapa diken och bäckar som tidigare kulverterats och på så sätt både få en effektiv dagvattenhantering och ett starkt element i stadsmiljön. Det bör dock alltid noggrant kontrolleras om kapacitet finns att ta emot en ökad mängd dagvatten. (Stahre 2004, s. 52)



Figur 23. Fördröjningsdamm



Figur 24. Fördröjningsdamm



Figur 25. Bäck

4.4 IMPLEMENTERING AV HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING I BEFINTLIG MILJÖ

I detta stycke beskrivs möjligheter och utmaningar med en implementering i den befintliga bebyggda miljön. Förutsättningarna för implementering i befintlig miljö skiljer sig ifrån implementering i nya planområden eftersom de lokala förutsättningarna som markägande och bebyggelse och infrastruktur styr val av åtgärder. I befintlig miljö handlar det även om att lokalisera platser där åtgärderna gör mest nytta. Det bör påpekas att mycket att det som tas upp i detta stycke till stor del även är relevant för nya planområden och inte endast för implementering i befintliga.

4.4.1 LOKALA FÖRUTSÄTTNINGAR

Val av åtgärder

I publikationen *Hållbar dag- och dränvattenhantering* menar Svenskt Vatten (2011) att det krävs en helhetssyn kring dagvattenhanteringen i staden för att kunna göra en korrekt bedömning av vilka åtgärder som bör göras med syfte att avlasta ledningsnätet. De lokala förutsättningarna är också direkt avgörande för valet av åtgärder inom just ett specifikt område eftersom aspekter som topografi och höjdsättningen av området avgör på vilket sätt hållbar dagvattenhantering kan implementeras. Andra aspekter att ta hänsyn till är hur markförhållanden ser ut så som geologin, hydrologin men också vilken typ av ledningssystem som finns i området. Var i avrinningskedjan området ligger är ytterligare en faktor som är viktig att ta hänsyn till eftersom åtgärder kan te sig olika beroende på om området påverkas av områden högre upp i avrinningskedjan eller om området i sig påverkar nedströms liggande områden. (Svenskt vatten 2011)

Val av åtgärder styrs också av vilka regnmängder som åtgärderna syftar till att omhänderta. Om syftet är att

hantera mindre regn kan mindre åtgärder på kvartersmark göras, men för att hantera skyfall behövs oftast fler olika lösningar över ett större område tillämpas (Ciria 2012, s. 26).

Existerande infrastruktur och bebyggelse

Svenskt Vatten (2011) konstaterar att implementering av hållbar dagvattenhantering i befintlig bebyggelse är en stor utmaning. I befintliga områden finns redan en höjdsättning av fastigheter, gator och avloppssystem. Eftersom markens lutning är avgörande för hur dagvattnet kan ledas över mark kan det vara svårt att förändra och förbättra dagvattenhanteringen i ett befintligt område där dessa ramar redan är satta (Svenskt Vatten 2011, s. 16). Infrastrukturen under mark som ledningssystemet och elledningar kan också utgöra en utmaning när det kommer till att göra plats för hållbar dagvattenhantering. Eftersom åtgärderna många gånger innebär att marken behöver sänkas, eller på annat sätt göras plats för olika lösningar ovan och under mark, kan det befintliga ledningssystemet vara i vägen för tänkta åtgärder. (Boverket 2010, s. 39)

Hantering av skyfall

När ledningssystemet är överbelastat vid kraftiga regn och översvämningar är ett faktum handlar åtgärder i den befintliga miljön om att minimera konsekvenserna av översvämningarna. Ahlman (2011) skriver att för att kunna skapa en mer översvämningstålig dagvattenhantering behövs det klarläggas varför vissa områden i samhället är mer drabbade än andra. Några generella lösningar går inte att tillämpa utan åtgärder som syftar till att begränsa och kontrollera översvämningar måste skräddarsys utefter de bakomliggande lokala förhållandena som finns i de drabbade områden. Ahlman (2011) menar att valet av åtgärder också beror på ambitionsnivån, d.v.s. hur mycket

översvämningarna anses behöva minska vilket i sin tur är beroende av hur stora konsekvenserna är i ett område. (Ahlman 2011, s. 13)

En viktig åtgärd för att hantera kraftiga regn i befintlig bebyggelse är s.k. vattenvägar. Vattenvägar är öppna avrinningsstråk där vattnet kan rinna när det befintliga ledningssystemet är överbelastat (Svenskt Vatten 2011, s. 17; Digman et al. 2012, s. 6). Öppna stråk kan leda bort mycket stora flöden i jämförelse med vad en ökning av dimensionen på slutna dagvattenledningar skulle göra. Svackdiken med svag släntlutning har t.ex. nio gånger större kapacitet än en rörledning med samma fyllnadshöjd (Svenskt Vatten 2014, s. 17). Vattenvägar kan se olika ut och dels bestå av t.ex. gräsbeklädda svackdiken dit vattnet leds, men också vägar vars profil har anpassats så att vatten kan ledas längst vägen.

Syftet med vattenvägarna är också att styra vattenflödet bort från lågpunkten till ”ofarliga” delar i avrinningsområdet. En åtgärd för att begränsa översvämningar i ett område kan då vara att strategiskt lokalisera platser som kan översvämmas utan att det leder till skador på bebyggelse och infrastruktur. För att detta ska vara möjligt måste de topografiska förutsättningarna vara rätt så att vattnet öppet kan ledas till de platser där en potentiell översvämningsyta finns. Det krävs då att det finns tillräckligt stor tillgång på friytor i rätt lägen. (Ahlman 2011)

4.4.2 MÖJLIGA EFFEKTER AV HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING

Det finns flera möjliga effekter med hållbar dagvattenhantering som anges i litteraturen. Dels kan de öppna dagvattenlösningarna bidra till ett mer **flexibelt system** då de kan utformas i syfte att hantera olika regnmängder beroende på lokala förutsättningar och behov. Små och stora anläggningar kan kombineras för att uppnå en så stor

effekt som möjligt. Att hantera dagvattnet i öppna system i staden kan också bidra till ett mer flexibelt system i den bemärkelsen att öppna system lättare kan anpassas till framtida förändringar i stadsmiljön. (Digman et al. 2012, s. 4, 6)

Det finns flera **ekonomiska fördelar** som tas upp i samband med hållbara dagvattenlösningar. Dels kan en hållbar dagvattenhantering minska översvämningar nedströms i avrinningsområdet vid kraftiga regn och på så sätt minska skador på fastigheter och infrastruktur. Dels medför många gånger en hållbar dagvattenhantering till att dagvatten renas biologiskt innan det når ledningssystemet och recipient. Detta kan också medföra en minskad kostnad för t.ex. utbyggnader av konventionella underjordiska reningsanläggningar. (Novotny et al. 2012, s. 188; Digman et al. 2012, s. 4, 8). Stahre (2004) belyser också de ekonomiska fördelarna med hållbar dagvattenhantering utifrån ett organisatoriskt perspektiv i kommunerna. Eftersom hållbar dagvattenhantering involverar flera förvaltningar, som t.ex. kommunernas VA-verk och Park- och Gatuförvaltningen finns också möjlighet att hitta mer kostnadseffektiva lösningar än om varje förvaltning skulle lösa sin del av problemet var för sig (Stahre 2014, s. 13-16).

Däremot kan de öppna systemen för dagvattenhantering vara mer **skötselkrävande** än de traditionella sättet att hantera dagvatten på. För de öppna systemen nämns ofta underhållet av anläggningarna som en avgörande faktor för att de ska fungera och ha en lång livstid (Stahre 2004; Fridell och Jergmo 2015). När det gäller biofiltrets funktion behövs kontroller av inlopp, utlopp och bräddutloppet ske med viss regelbundenhet så att de inte täpps igen av skräp eller växtdelar (Fridell och Jergmo 2015). Tömning, rensning och påfyllning av dagvattendammar är vanliga skötselåtgärder för att minska problemen med algbildning (Stahre 2004). Skötesel är framförallt en

kostnadsfråga. Det går dock att se skötseln av systemen som en långsiktig investering om systemen har förmågan att reducera eller eliminera de negativa effekterna av extrema regn.

Hållbar dagvattenhantering kan många gånger utnyttjas till andra funktioner än att endast hantera dagvatten (Stahre 2004, s. 12,13). Eftersom öppna dagvattenlösningar ofta innefattar grönska, ger de **positiva effekter för ekologin** och **den biologiska mångfalden** i staden. Enligt Stahre (2004) är dessa effekter speciellt intressanta i urbana miljöer eftersom de ofta är hårt exploaterade (Stahre 2004, s. 14).

Hållbar dagvattenhantering kan också bidra till **estetiska** och **rekreativa värden** i staden. Öppna dagvattenlösningar ger i de flesta fall mer grönska och ibland även öppet vatten vilka är aspekter som av många människor uppfattas som tilltalande och rekreativa (Stahre 2004, s. 14; Novotny et. al. 2012, s. 188). Öppna dagvatten anläggningar kan integreras i stadens naturområden och t.ex. promenadstråk och cykelvägar samordnas med avrinningsstråk för dagvatten (Stahre 2004, s. 14). Grönska och en variation av rekreation har också påvisats ha mycket goda **hälsomässiga effekter** (Grahm och Stigsdotter 2009).

Eftersom öppna system innebär att vattnet är synligt under avrinningen kan systemen också bidra till pedagogiska värden i den bemärkelsen att det finns möjlighet att t.ex. synliggöra vattnets funktion för grönstrukturen i staden. Öppna dagvattenanläggningar kan också användas för att sprida kunskap om den urbana vattenhanteringen och på olika sätt visualisera olika regnintensiteters påverkan på den urbana miljön. (Stahre 2004, s.15)

4.5 SAMMANFATTNING

Kapitlet redovisar att implementering av hållbar dagvattenhantering i den befintliga miljön till stor del handlar om att komma till bukt med de problemen orsakade av urbaniseringen som översvämningar och föroreningar. Genom att städernas förmåga att infiltrera regnvatten har ersatts av hårdgjord yta har detta lett till en ökad och snabbare avrinning i städerna. Eftersom att ledningssystemet inte är dimensionerat för att kunna ta emot större regnmängder leder detta till att områden blir översvämmade och recipienterna förorenade. Att implementera hållbar dagvattenhantering i den befintliga miljön handlar om att förebygga och kontrollera översvämningar, men också om att rena vattnet innan det når recipienten. Växternas funktion i hållbar dagvattenhantering är därför viktig.

Att implementera hållbar dagvattenhantering i den befintliga miljön kan också vara en strategi till att klimatanpassa städer för att kunna ta omhand större regnmängder under kortare tidsperioder i framtiden. Det handlar då om att göra plats för vattnet i staden jämte andra viktiga funktioner, både vid normal nederbörd men också plats för vattnet då ledningssystemet är fullt. Genom öppna lösningar i stadsmiljön kan staden berikas med mer grönska, öka den biologiska mångfalden och samtidigt öka de sociala och estetiska värdena i staden.

För att kunna implementera hållbar dagvattenhantering i den befintliga miljön och åstadkomma optimala lösningar behövs det en helhetssyn över dagvattenhanteringen. De lokala förutsättningarna som topografi och geologiska förhållanden måste beaktas för att förstå hur det hydrologiska systemet i staden fungerar. När det kommer till hanteringen av skyfall behövs ett klarläggande göras varför vissa områden är mer drabbade än andra och en undersökning av de lokala förutsättningarna i

de drabbade områdena. Lösningarna handlar då om att hitta möjliga översvämningsytor och vattenvägar för att avlasta drabbade områden vid skyfall. Val av åtgärder faller dels på var i avrinningskedjan området ligger men också på mängden friyta det finns i området i rätt läge där åtgärder kan sättas in. Därför bör undersökningar av stadens struktur göras för att hitta mellanrummen där vattnet kan få ta plats utan att det gör skada på bebyggelse eller framkomlighet.

5

FALLSTUDIE MALMÖ

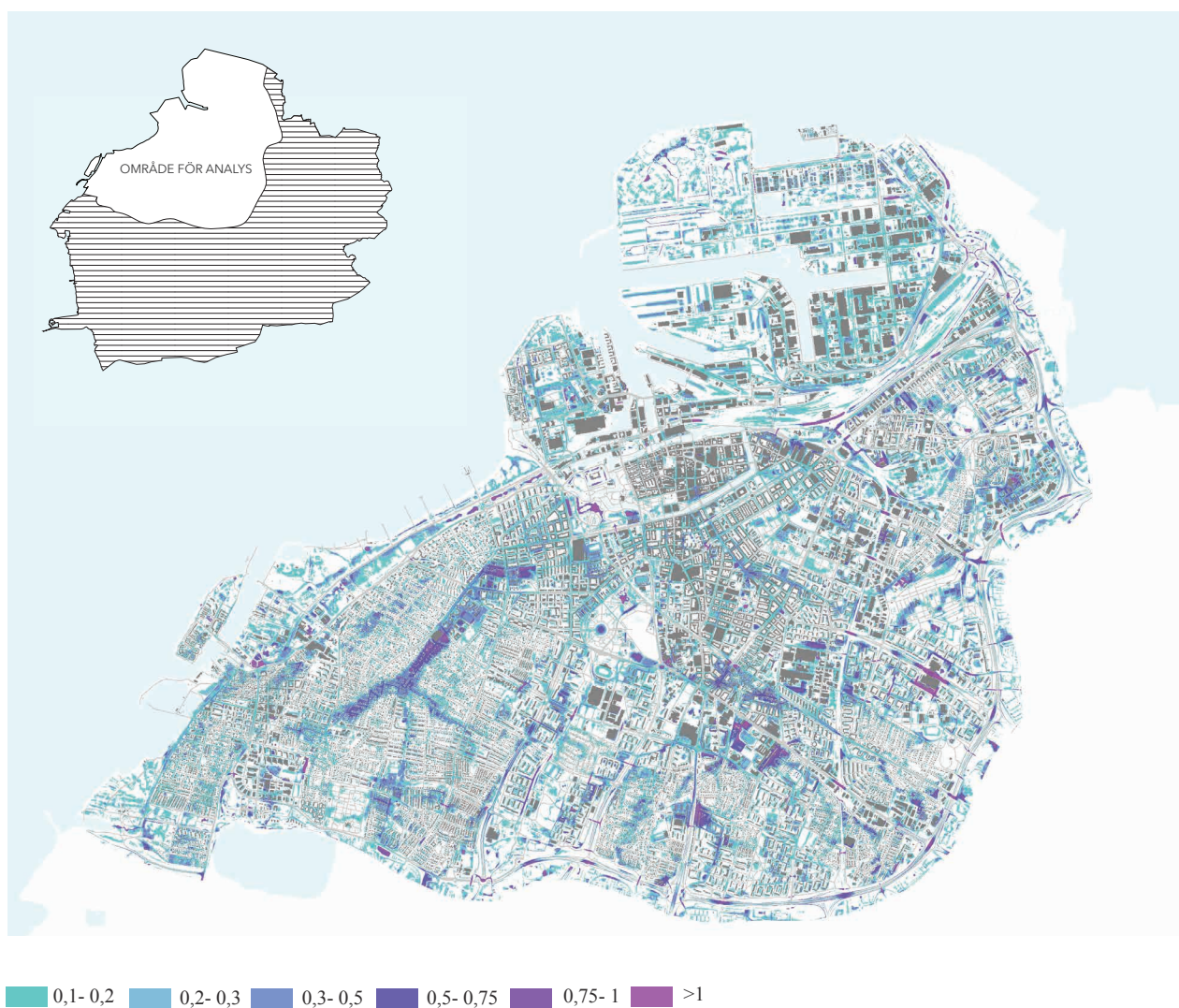
MED EXEMPEL SÖDRA SOFIELUND

I kapitlet beskrivs översvämningsproblematiken orsakad av kraftiga regn, samt den problematik som den traditionella dagvattenhanteringen och effekterna av urbaniseringen gett upphov till i Malmö. Kapitlet ger också en kort överblick av hur Malmö har arbetat med hållbar dagvattenhantering som en lösning på denna problematik och för att skapa mervärde till den urbana miljön. För att undersöka de lokala förutsättningarna och möjligheterna till en öppen dagvattenhantering har vi valt ett område i Malmö att studera närmre. **I val av projektområde har viktiga utgångspunkter varit dels att drivkraften till en alternativ dagvattenhantering är stor på grund av problem med översvämningar, dels att området karaktäriseras av tät stadsstruktur som finns i Malmös centrala delar. Detta har lett fram till valet att undersöka förutsättningarna för en alternativ dagvattenhantering kring området Södra Sofielund i Malmö.**

5.1 ÖVERSVÄMNINGSPROBLEMATIKEN I MALMÖ

Den 31 augusti 2014 blev ett tydligt exempel vad som händer när ett kraftigt regn faller över staden. Under detta skyfall föll ca 100 mm regn vilket motsvarar ett regn med 100 års återkomsttid (lokalt på sina ställen uppmätt till ett 360 års regn enligt VA- Syd). Skyfallet resulterade i stor problematik runt om i Malmö, både vad gäller marköversvämningar, men också vad gäller källaröversvämningar. De stora regnmängderna ledde till

omfattande skador på infrastruktur och bebyggelse. I de värst drabbade områdena tog saneringsarbetet av vatten-skadorna över sex månader att slutföra. Utöver skador på infrastruktur och bebyggelse belastades också lednings-systemet, pumpstationer och reningsverk hårt. Skadorna innebar en stor ekonomisk utgift och de långsiktiga konsekvenserna är ännu inte fastställda. (Hernebring et al 2015, s. 95-97)



Figur 26. Beräknade maximala vattendjup (m) för ett Köpenhamnsregn (återkomsttid 1500 år). Kartan visar Malmö innanför Inre Ringvägen och är en simulering av vart det blir marköversvämningar när ledningssystemet är fullt. (DHI 2014) De går att konstatera att Malmös västra delar är hårt drabbade, men även områden i östra delen av Malmö får stora problem vid kraftiga regn.

5.1.1 MARK- OCH KÄLLARÖVERSVÄMNINGAR

Figur 26 visar en simulering av marköversvämningar innanför Inre Ringvägen i Malmö vid ett så kallat Köpenhamnsregn. Enligt en rapport från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, är volymen för ett Köpenhamnsregn, om det utvärderas enligt svensk etablerad regnstatistik, motsvarande ett regn med återkomsttid 1500 år (Hernebring och Mårtensson 2013, s. 9). Det kan tyckas orimligt att använda detta regntillfälle som måttstock vid analys av översvämningsrisker i Malmö. Dels är sannolikheten att ett sådant kraftigt skyfall inträffar liten, dels är också sannolikheten att hela staden drabbas av lika mycket regnmängder vid ett och samma tillfälle liten. Genom att undersöka dessa regnmängder ges dock en förståelse för hur den urbana miljön drabbas vid extrema regn och kan bidra till en ökad förståelsen för risken att ett extremt regn kan inträffa. Syftet med analysen är att kartlägga vilka områden i Malmös centrala delar som blir värst drabbade vid ett kraftigt skyfall (DHI, 2014). Simuleringen är baserad på information om hur de topografiska förhållanden ser ut samt vilka ytor som är hårdgjorda respektive infiltrerbara för att kunna få en mer exakt bild av avrinningshastigheten samt den mängd vatten som troligtvis kommer att infiltreras i marken. (DHI, 2014).

Kartan visar var det blir marköversvämningar när ledningssystemet har nått sin fulla kapacitet och markens infiltreringskapacitet är mättad. Det är dock viktigt att påpeka att vattnet inte nödvändigtvis utgör ett problem trots att en marköversvämning sker. Vilka platser som är problematiska beror på hur användningen av platsen begränsas av översvämningen och om översvämningen leder till skador på bebyggelse, samhällsviktig infrastruktur eller fara för hälsa och liv (DHI 2014).

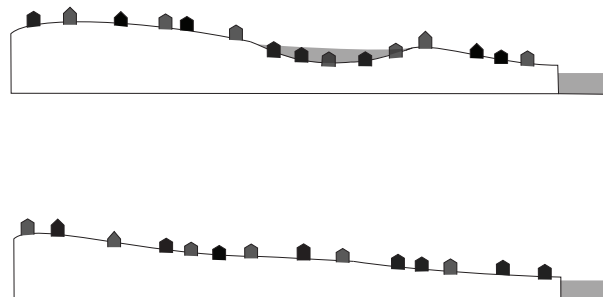
Efter skyfallet som inträffade i Malmö i augusti 2014 intygar flertalet tjänstemän på Malmö stad att markavrinningsmodellen stämmer väl överens med de inrapporterade källaröversvämningarna orsakade av det kraftiga skyfallet. Figur 27 visar var anmälningarna rapporterades in. Var och en av ringarna motsvarar inte antalet anmälningar utan en ungefärlig beskrivning av den geografiska lokaliseringen av dessa. Antalet inrapporterade översvämningar av privatpersoner uppsteg till ca 1400 st (Hernebring et. al, 2015).



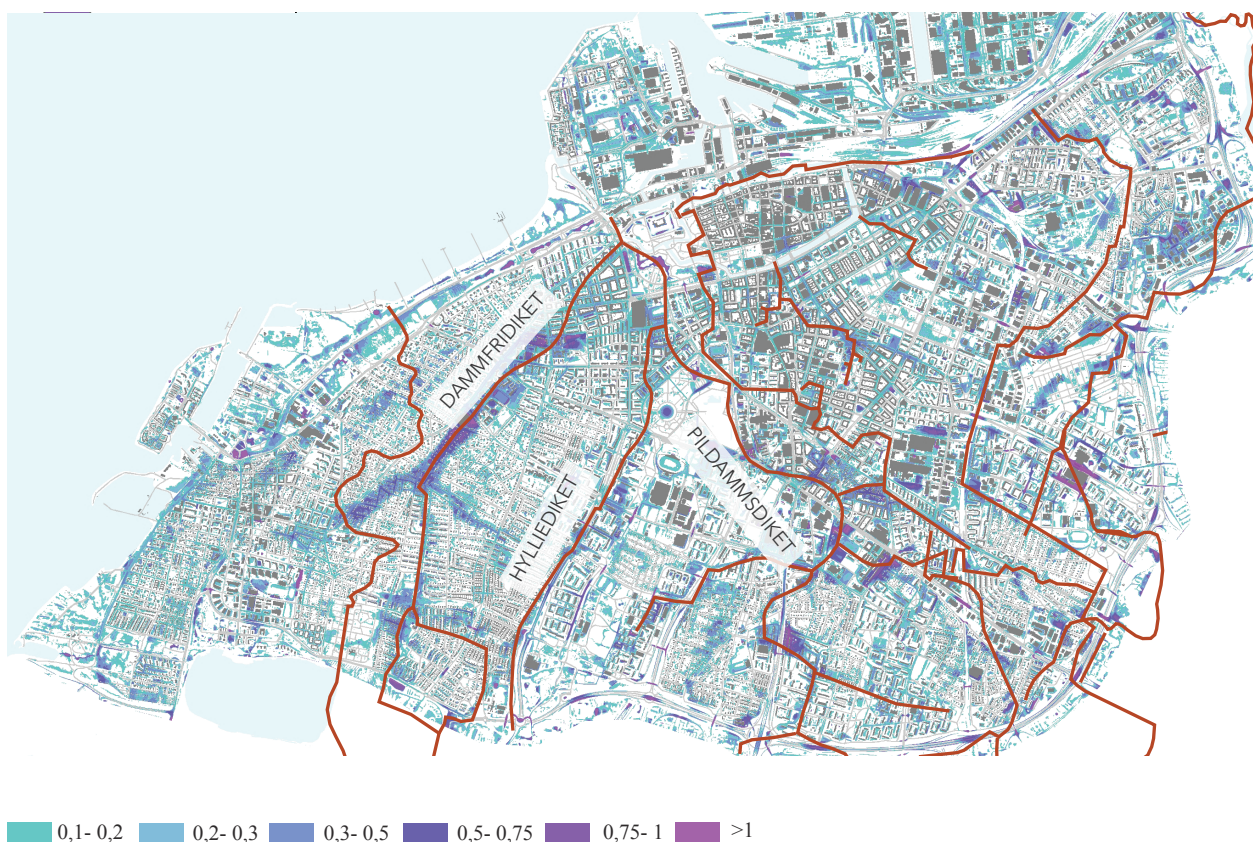
Figur 27. Inrapporterade översvämningar efter skyfallet i augusti 2014 (Sydsvenskan 2015-04-02). De inrapporterade källaröversvämningarna stämmer väl överens med simuleringen av marköversvämningarna och är framför allt koncentrerade till två områden (x och y) innanför Inre Ringvägen i Malmö.

5.1.2 TOPOGRAFISKT INSTÄNGDA OMRÅDEN

De värst drabbade områdena i Malmö är framförallt belägna längst Hylliedikets, Dammfridikets och Pildammsdikets gamla sträckning, diken som kulverterades i början av 1900-talet. Dikena beskrivs i kapitel tre och uppkom ursprungligen som ett sätt att hantera och avleda avloppsvatten och är naturligt belägna i lågpunkter. De områden som beräknas bli värst översvämmade vid kraftigt skyfall (de blå/lila) är områden som är s.k. topografiskt instängda områden, se figur 28. Instängda områden kan inte avvattas yttledes med självfall mot recipienten utan vattnet blir istället stående i lågpunkterna. Enligt Svenskt Vatten (2014) är en grundregel att dessa instängda områden ska undvikas för bebyggelse, men om detta inte är möjligt måste bebyggelsen hållas borta från de lägsta punkterna. Som kartan i figur 29 visar har Malmö expanderat även längst dikenans sträckningarna och vid kraftiga regn medför detta att dessa områden blir översvämmade.



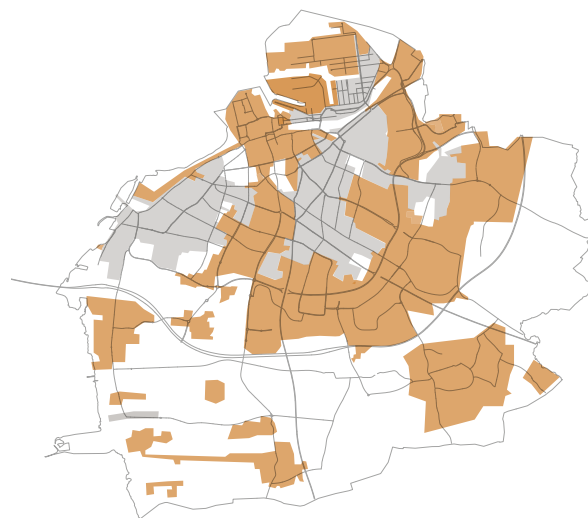
Figur 28. Överst visar figuren principen för ett instängt område, där vatten blir stående i lågpunkten utan att kunna ledas bort. Nederst ett område som naturligt lutar till recipienten.



Figur 29. Simuleringen av marköversvämningarna och de kulverterade dikenans stämmer väl överrens. De röda linjerna visar de numera kulverterade diken. Längst dikenans sträckning blir det idag stora problem med översvämningar vid kraftiga regn. (DHI 2014)

5.1.3 TRADITIONELL DAGVATTENHANTERING I MALMÖ

I kapitel fyra beskrivs att ledningssystemet normalt är dimensionerat för regn med en återkomsttid på 5- 10 år och detta är även fallet för Malmös ledningssystem. Då större regn inträffar överskrider systemets kapacitet och mark- och källaröversvämningar sker (VA Syd 2009, s 15). Flertalet av de områden där översvämningssproblematiken är som störst i Malmö ligger inom det kombinerade ledningssystemet, där spillvatten och dagvatten leds i samma ledning till reningsverk. Detta visar även de inrapporterade källaröversvämningarna som är koncentrerade till de områden där det kombinerade ledningssystemet finns, se figur 27 och 30. Så mycket som 70% av källaröversvämningarna sker i dessa områden (Hernebring et al 2015 s. 95-97). Då det kombinerade ledningssystemet blir överbelastat sker förutom källaröversvämningar också bräddning till recipient. Då bräddning från det kombinerade systemet innebär att avloppsvatten släpps ut utan rening, har detta medfört att Malmö stads recipienter idag är hårt belastade av föroreningar (Malmö stad 2008, s 4).



Figur 30. Duplikat ledningssystem i orange och kombinerat ledningssystem i grått. De värst översvämningssdrabbade områdena i Malmö ligger inom det kombinerade systemet. (VASyd 2009)

Malmös centrala delar hör till Kanalens avrinningsområde och har därmed kanalen som recipient, se figur 31. Då detta område till stor del består av urban miljö är också mängden hårdgjord yta inom området stor. Den hårdgjorda ytan bidrar till en snabbare ytavrinning, vilken ökar trycket på ledningssystemet och även detta orsakar bräddningar till kanalen (VA Syd 2009). Detta är problematiskt eftersom Kanalen är en av de recipienter i Malmö där störst andel bräddningar sker och är därför mycket känslig för föroreningar (VA Syd 2009, s. 93).

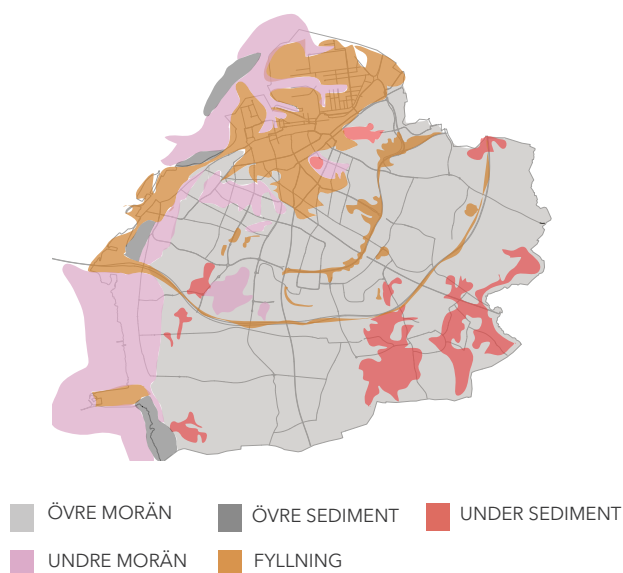
Kanalen belastas även av dagvattnet från det duplikata systemet som leds direkt dit via dagvattenledningar. Då dagvattnet rinner en hårdgjord yta förorenas det och dessa föroreningar hamnar sedan i recipienten. Den stora andelen hårdgjord ytan medför i sin tur en liten andel infiltrerbara yta där föroreningarna kan filtreras ned och sedimenteras innan dagvattnet leds till kanalen.



Figur 31. Avrinningsområdena och de mottagande recipienterna. Kanalens avrinningsområde utgör en stor del av Malmös centrala delar. Inom område är ledningssystemet till största del kombinerat och en stor mängd hårdgjord yta finns. Kanalen är därmed hårt belastad, både vad gäller bräddningar och föroreningar från den urbana miljön. (VASyd 2009)

5.1.4 GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

De geologiska förhållandena i Malmö är varierande. Generellt kan sägas att marken i innerstaden består av utfyllnadslager medan ytterområdena består av morän, se figur 32 (Malmö översiktsplan). Enligt Malmö stads dagvattenstrategi (2008) medför det faktum att marken till största del består av tät moränleror att infiltration i mark och vidare till grundvattnet inte är att räkna med vid dimensionering av dagvattenlösningar. Fördröjning behöver därför ske genom ytlig avledning i tröga system (Malmö stad, 2008, s 5). Som nämnts i kapitel 4 begränsas också infiltrationen av dagvatten i stadsmiljö av den stora mängd hårdgjord yta som finns i den urbana miljön. Lösningen är dock inte att endast ta bort den hårdgjorda ytan och ersätta med vegetation eftersom infiltrationsmöjligheterna är så pass dåliga. Dränering behöver finnas i kombination med de öppna lösningarna så att vattnet kan ledas bort när vegetationen inte kan ta upp mer vatten och vatten blir stående på ytan. Enligt Malmö stads dagvattenstrategi behövs också markmodulering göras i Malmö eftersom terrängen är flack, annars kan det vara svårt att skapa vattenvägar för avledning av vatten vid kraftiga regn. (Malmö stad, 2008, s. 4-5)



Figur 32. Principillustration över de geologiska förhållandena i Malmö (Malmö stad översiktsplan, 2015-09-01). Eftersom den största delen av marken i Malmö består av fyllnadsmassor och morän är infiltration av dagvatten inte möjligt inom de flesta områden i Malmö.

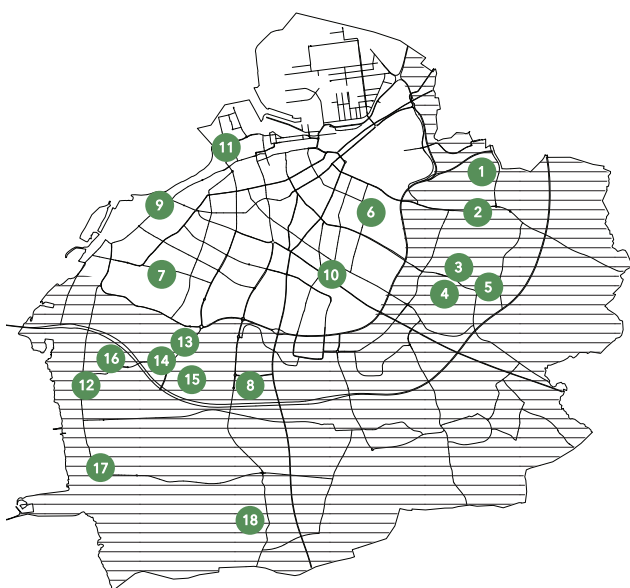
5.2 HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING I MALMÖ STAD

Malmö stad har sedan 1990- talet kompletterat den traditionella dagvattenhanteringen med öppen dagvattenhantering. Syftet med de öppna lösningarna har varit att minska och sakta ner dagvattenflödet så att det existerande ledningssystemet inte blir överbelastat (Aspegren et al 2014, s 163). De flesta lösningarna har till största del gjorts i utkanten av staden för att områden längre ner i avrinningskedjan inte ska bli översvämmade vid kraftiga regn (Stahre 2008, s 12). På grund av att Malmös recipienter är hårt belastade har också dagvattenflödet och föroreningarna i dagvattnet behövt begränsas och stort fokus för dagvattenhanteringen har därför legat på rening. (Malmö stad 2008, s 4).

En annan viktig aspekt för utformningen av hållbar dagvattenhantering i Malmö stad är att dagvattnet ska utnyttjas som en positiv resurs i stadsbyggandet. Enligt Malmö stads dagvattenstrategi ska också öppen avledning av dagvatten utnyttjas så långt som möjligt i nya planområden för att undvika ökad belastning på ledningssystemet. (Malmö stad 2008, s 4)

Runt om i Malmö finns över 20 olika genomförda projekt av öppen dagvattenhantering. Dessa åtgärder har till största del skett i utkanten av staden (Aspegren et al 2014, s 167). Undantag är Augustenborg och Bo01 som är projekt som utförts i Malmös mer centrala delar och har en tätare stadsstruktur, se figur 33.

De anläggningar av hållbar dagvattenhantering som implementerats i Malmö varierar i utformning och inkluderar bl.a. våtmarker, fördröjningsdammar och olika typer av diken och kanaler. I figur 33 listas ett urval av projekt som kan karaktärisera den bredd som finns inom dagvattenprojekten i Malmö stad. Tre projekt beskrivs också kortfattat för att ge exempel på hur åtgärder har utformats.



	NAMN	TYP AV ANLÄGGNING
1	Toftanäs våtmark	Våtmark
2	Sallerupvägen	Meandrande å
3	Kasernparken	Damm
4	Amiralsgatan	Damm
5	Husie mosse	Fördröjningsdamm
6	Olof Hågensens våtmark	Våtmark
7	Vanåsgatan	Svackdike
8	Svågertorp	Dammar, rensbrunnar
9	Limhamnsfältet	Svackdike
10	Augustenborg	Gröna tak, kanaler, dammar, svackdiken
11	Bo01	Kanaler, gröna tak, regnbäddar
12	Fjärilsparken	Eko-korridor
13	Elinelund rekreationsområde	Dammar, filtervallar
14	Gottorpsvägen	Dammar, filtervallar
15	Vintrie	Fördröjningsdammar
16	Annestad	Fördröjningsdamm
17	Växthusparken	Eko- korridor
18	Tygelsjö eko-korridor	Eko- korridor

Figur 33. Platser där hållbar dagvattenhantering har implementerats i Malmö. De flesta projekt har skett i ytkanten av staden, med syfte att fördröja vattnet tidigt i avrinningskedjan. (Stahre 2007)



Figur 34. Dagvattenkanal



Figur 35. Stensatt svackdike

Augustenborg

Dagvattenanläggningarna i Augustenborg (nr. 10 i figur 33) är en från Malmö stad stor satsning på hållbar dagvattenhantering och fungerar som ett demonstrationsprojekt för att visa hur ett befintligt bostadsområde kan rymma öppen dagvattenhantering. Augustenborg har ett kombinerat ledningssystem och var tidigare kraftigt drabbat av översvämningar. Området behövde också rustas upp för att stärka det sociala värdet och de boende bjöds in att delta i projektet. Projektet kallas Eko- staden Augustenborg och strategin var att ta hand om dagvattnet så nära källan som möjligt. Det resterande vattnet samlas i öppna lösningar i området. Augustenborg har utformats för att ta hand om allt dagvatten som faller inom området och innehåller anläggningar som översvämningsytor, fördröjningsdammar, kanaler (figur 34) och svackdiken för trög avledning (figur 35). Inom området har också en botanisk trädgård för gröna tak anlagts som utnyttjas till både pedagogisk verksamhet och forskning. (Stahre 2008) Åtgärderna av öppen dagvattenhantering bidrog till att Augustenborg klarade sig bra från översvämningar under det kraftiga skyfall som föll i augusti 2014 (Hernebring et al 2015, s. 97).



Figur 36. Serie av fördröjningsdammar



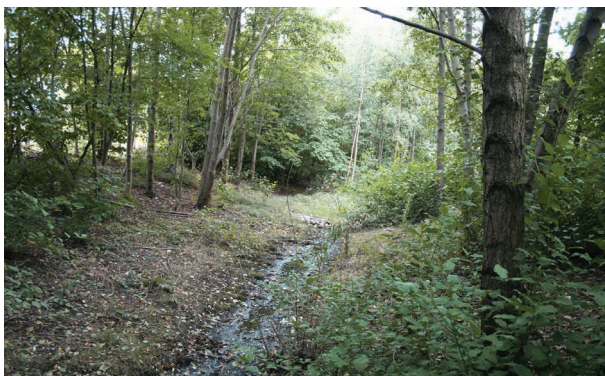
Figur 37. Plattform i anslutning till vattnet

Vintriediket

Vintriediket (nr. 15 i figur 33) är beläget i anslutning till den lilla byn Vintrie strax innanför Yttre Ringvägen. Vintriediket är ett från början naturligt dike som har utformats till en serie fördröjningsdammar, där dagvatten fördröjs och renas, se figur 36. Eftersom Vintrie ligger i utkanten av staden var ett av syftena med projektet att minska belastningen av dagvatten i de befintliga ledningsnätet i de mer centrala delarna av staden. Dammarna tar hand om dagvattnet från angränsande bostadsområde och fungerar som en skydd vid extrema regn, då vattennivån kan höjas utan att diket svämmas över och skadar den omgivande bebyggelsen. En utgångspunkt vid utformningen av dammarna var att skapa fler biotoper för att öka det ekologiska värdet på platsen, men också att anläggningen ska fungera som en rekreativ och social plats. Vintriediket är utformat med plattformar, se figur 37, som gör det möjligt att komma nära vattnet och i anslutning till dammarna finns ett rekreativstråk. Vintriediket är ett exempel på en större lösning i slutet av avrinningskedjan där vattnet från ett stort upptagningsområde kan samlas. (Stahre 2008)



Figur 38. Vegetationsbeklädd översvämningsyta



Figur 39. Dike i lägsta punkten

Olof Hågensen våtmark

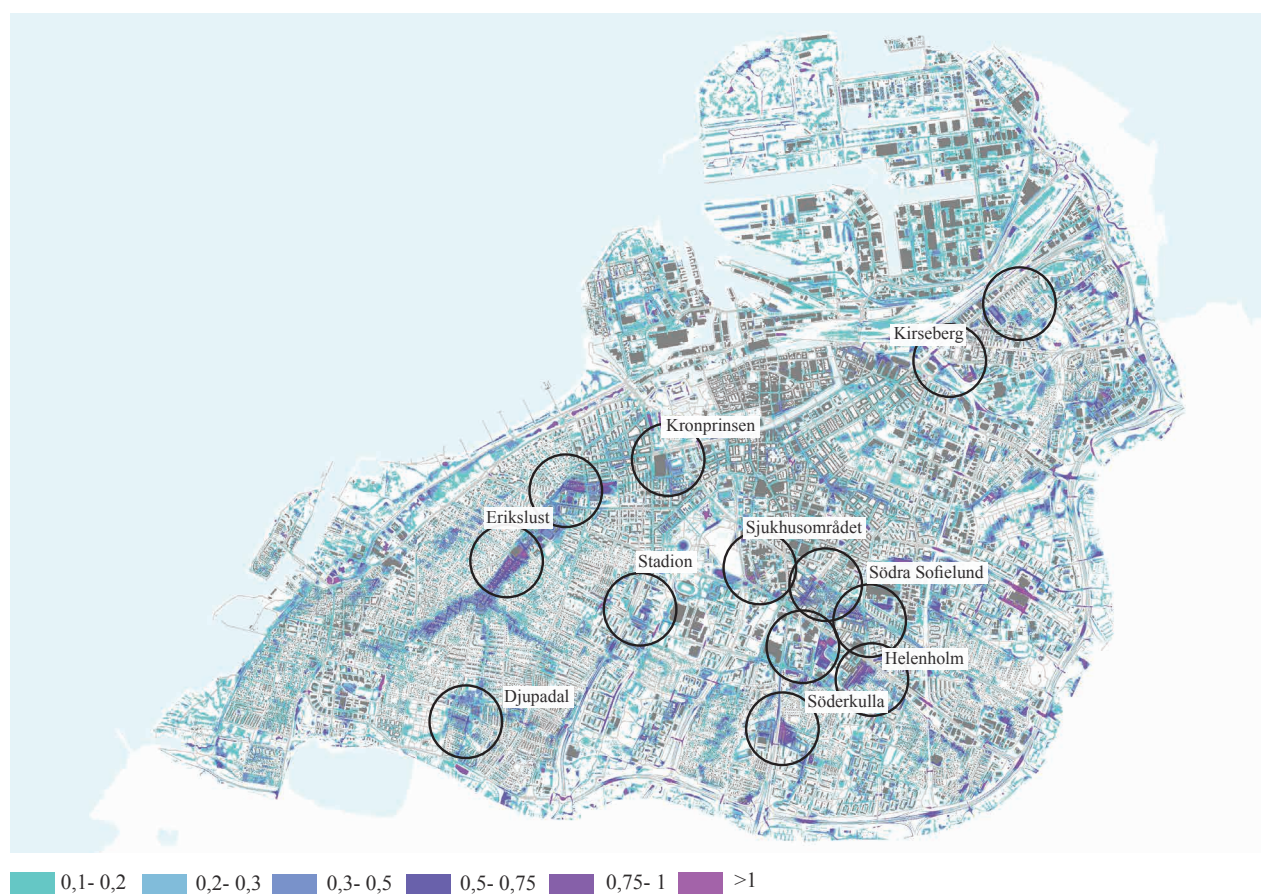
Olof Hågensen våtmark (nr. 6 i figur 33) ligger i Malmös östra delar och är en åtgärd som gjordes med syfte att minska risken för källaröversvämmningar i områden längre ner i avrinningskedjan. Våtmarken utformades på en grönyta i anslutning till ett mindre bostadsområde och ligger två och en halv meter lägre än omgivningen. Detta innebär att anläggningen kan fungera som en tillfällig översvämningsyta vid kraftiga regn. När belastningen på ledningssystemet blir för hög leds vattnet ut till våtmarken där det kan fördröjas tillfälligt, se figur 39. När sedan kapaciteten för ledningssystemet återgått till det normala leds vattnet genom våtmarken till ett utlopp och vidare till ledningssystemet. Hela anläggningen är planterad med våtmarksvegetation som klarar en flukturerande av vattennivån. (Stahre 2008) Idag växer också lövträd och buskar i anläggningen, se figur 38. Olof Hågensens våtmark anlades 1997 och är ett exempel på en åtgärd där främst kapacitet och vattenkvalitet varit i fokus. Lösningen hanterar stora vattenmängder på ett effektivt sätt, men är inte utformad för rekreativa syften.

5.2.1 MALMÖ STADS PLANER VAD GÄLLER DAGVATTENHANTERING

Trots det stora antal åtgärder i Malmö visade både stormen Sven i december 2013 och regnet i augusti 2014 att det finns ett behov av en mer effektiv dagvattenhantering som kan hantera kraftiga regn i Malmö (Aspegren et al. 2014, s 165). Det finns idag planer på en avloppstunnel som till största del skulle avlasta och minska översvämningarna och bräddningar i det kombinerade ledningssystemet i de mest centrala delarna av Malmö (VA Syd 2009, s 36). Trots denna åtgärd finns stort behov av öppna lösningar för att avlasta ledningssystemet och kompensera för ett förändrat klimat (VA Syd 2015-02-19). Malmö har som tidigare beskrivits arbetat med öppna lösningar i ytterkanten av staden, men efter skyfallet i augusti 2014 diskuteras också behovet av åtgärder i den mer centrala urbana miljön. En av slutsatserna från Workshopen ”Innovativa Dagvattenlösningar” som hölls i Malmö under våren 2015 där tjänstemän från Gatukontoret, Stadsbyggnadskontoret

och VA Syd deltog var att det i befintlig tät stadsmiljö behövs en kombination av flera mindre lösningar för att avlasta ledningssystemet och minska risken för översvämningar. En annan slutsats var att det också behövs planeras in och avsätta plats för lösningar som kan hantera de större regnmängder som faller vid ett kraftigt skyfall.

Arbetet med att anpassa Malmö inför fler extrema regn har precis börjat och Malmö stad arbetar i skrivandes stund med att ta fram ett tematiskt tillägg till översiktsplanen som heter Malmös Vatten. Eftersom arbetet är i startgroparna har detta medfört att det material och analyser som vi har fått ta del av från kommunen är i ett tidigt skede. Ringarna på kartan, se figur 40 nedan, är en första analys och visar drabbade områden i lågpunkter där kommunen anser att insatser behövs.



Figur 40. Områden inringade av kommunen där insatser för att minska översvänningsproblematiken behövs. (DHI 2014)

5.3 SAMMANFATTNING AV FALLSTUDIEN OCH VAL AV OMRÅDE FÖR VIDARE UNDERSÖKNING

I fallstudien har vi undersökt den övergripande problembilden av översvämningssproblematiken orsakad av kraftiga regn i den befintliga urbana miljön. Vårt syfte var att ta reda på vilka områden som blir värst drabbade och vad detta beror på. Det undersökningarna visat är att topografiska förhållanden och lågpunkter påverkar vilka områden som drabbas av marköversvämningar när ledningssystemet är fullt, medan typ av ledningssystem till största del påverkar vart det blir källaröversvämningar. Det kombinerade ledningssystemet ger vid överbelastning bräddningar till recipienten och har medfört att Malmös recipienter är hårt belastade. I Malmös centrala delar bidrar den stora mängd hårdgjord yta till snabbare ytavrinning och ansamling av föroreningar, vilket också innebär stor belastning för recipienten, som är Kanalen. Då Malmös markförhållanden inte medger infiltrering av dagvatten i marken kan inte dessa processer utnyttjas vid öppna dagvattenlösningar utan endast åtgärder med syfte att fördröja vattnet är möjliga.

I fallstudien har även undersökts vad kommunen gjort för åtgärder gällande hållbar dagvattenhantering och vilka planer som finns för framtida arbete. Implementering av öppna lösningar har till största del gjort åtgärder i utkanten av staden, med syfte att fördröja dagvattnet tidigt i avrinningskedjan och på så vis minska belastning på ledningssystem och recipienter. En ökad förståelse finns nu också för vikten av flera mindre lösningar i förebyggande syfte som avlastar ledningssystem och minskar risken för översvämningar och bräddning och samtidigt reducerar mängden föroreningar i vattnet. När det kommer till hanteringen av översvämningssrisken har kommunen också insett vikten av att sätta in kompletterande åtgärder av öppna lösningar i Malmös mer centrala delar.

För att vidare förstå hur hållbar dagvattenhantering kan rymmas i Malmös täta stadsväv, har vi valt ett projektområde för mer detaljerade undersökningar. Valet av projektområde gjordes utifrån Malmö stads identifierade problemområden där åtgärder anses behövas. Då vi vill undersöka möjligheterna till implementering av hållbar dagvattenhantering i den täta stadsstrukturen, har valet fallit på Södra Sofielund.



Figur 41. Översvämning i Söfjelund 1920. Fotograf: Sonja Lindvall, Källa: Sydsvenskan

5.4 SÖDRA SOFIELUND

5.4.1 HISTORISKT ÖVERSVÄMMAT

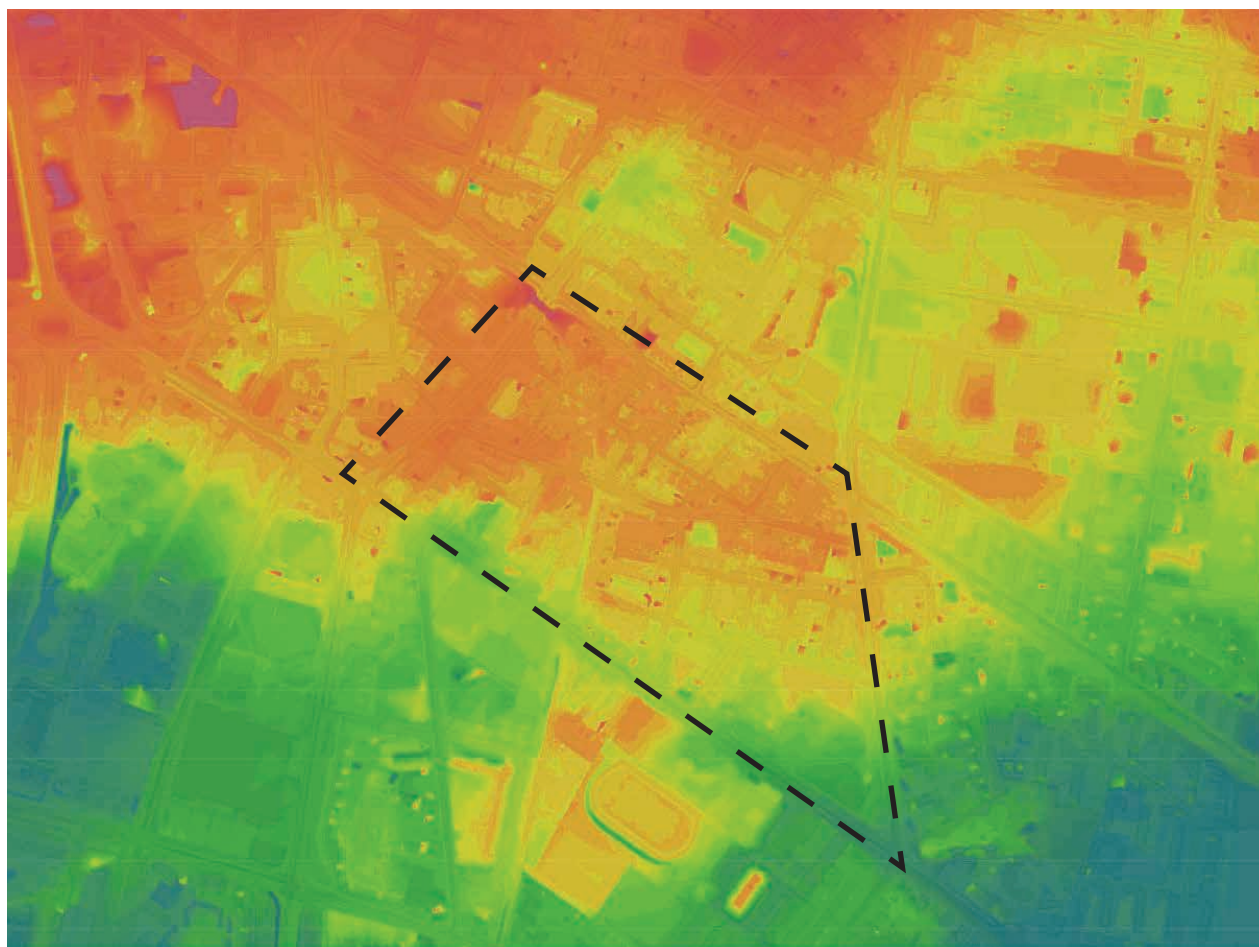
Södra Söfjelund är ett område som ligger inom kanalens avrinningsområde, se figur 42, och som historiskt har haft problem med bristfälliga avlopp och översvämningar (Malmö stads hemsida, 2015-06-01). Figur 41 visar ett fotografi av området längst Nobelvägens sträckning i norrgående riktning mot Södervärns vattentorn, taget i maj 1920 efter ett kraftigt skyfall som resulterade i översvämningar i området. Söfjelund fick då smeknamnet "lilla Venedig" (Gamla Söfjellunds Byalag, 2015-06-01). Södra Söfjelund drabbades också den 31 augusti 2014 och fick stora problem med både marköversvämningar och källaröversvämningar. Söfjellunds byalag är en förening som verkar för att bevara och förbättra relationerna i området. På deras hemsida beskrivs skyfallet den 31 augusti så här;

"Hur som helst kändes det som att befinna sig i en katastroffilm när vattenmassorna steg dramatiskt. I vissa källare hamnade vattennivån på över en meter inom loppet av bara ett par timmar när avlopssystemet i Malmö brakade samman."

(Gamla Söfjellunds Byalag, 2015-06-01)



Figur 42. Södra Söfjelund ligger inom kanalens avrinningsområde.

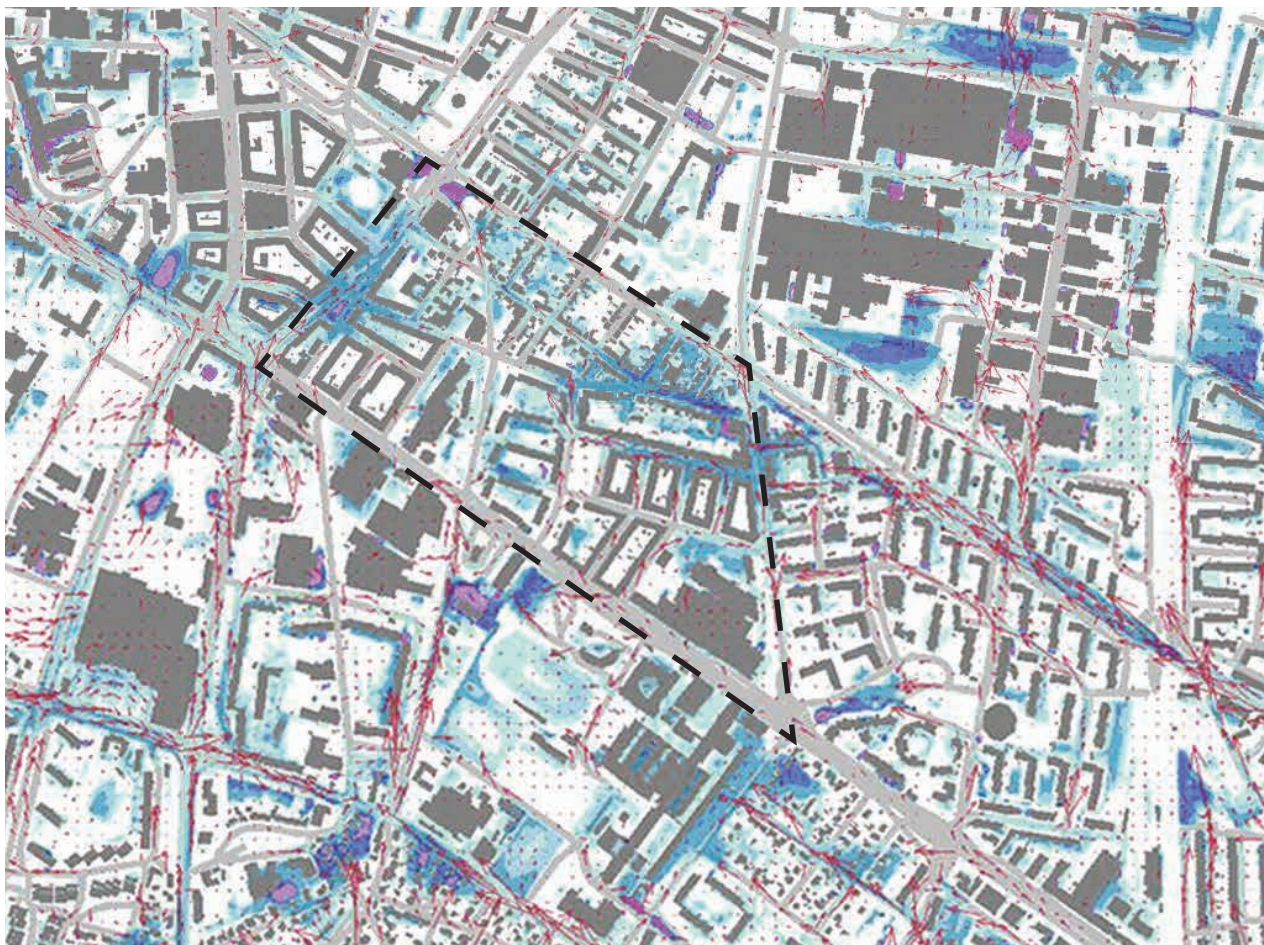


Figur 43. Topografisk karta som visar det instängda området, Södra Sofielund. De lägsta höjderna visas i rött och de högsta i blått (VA-SYD, 2015- 02- 19)

5.4.3 MARKÖVERSVÄMNINGAR OCH KÄLLARÖVERSVÄMNINGAR

Översvämningsproblematiken inom Södra Sofielund beror på stor del på att området ligger där pildammsdiket en gång gick, vilket tyder på att vattnet naturligt rann till området innan ledningssystemets utbyggnad. Som den topografiska kartan visar i figur 43 är Södra Sofielund ett instängt område. Ett instängt område kännetecknas som tidigare beskrivits av att det inte finns någon naturlig lutning ner mot recipienten, som i Södra Sofielunds fall är kanalen. Vid kraftiga regn när ledningssystemet är fullt rinner vatten på ytan ner till lågpunkterna och blir stående utan att kunna ledas bort. Vattnet skapar problem, både vad gäller översvämnningar i fastigheter men också minskad framkomlighet på vägar.

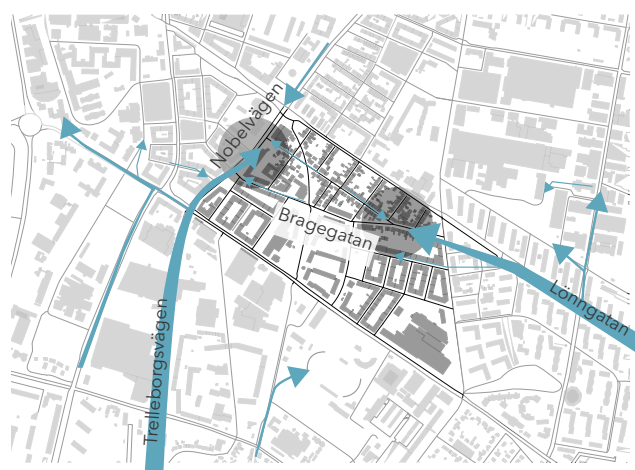
Eftersom Södra Sofielund länge har varit utsatt för källaröversvämnningar åtgärdade VA-Syd en del av problemen 2013 genom att lägga en dagvattenledning igenom området. Detta har gjort att det kombinerade ledningssystemet avlastas och risken för att förorenat avloppsvatten kommer upp i källarbrunnar minskas, samt att färre bräddningar till kanalerna sker vid kraftiga regn. Kommunen har alltså gjort s.k. traditionella åtgärder på ledningssystemet för att få bukt med problemen i området. Trots detta finns behov av öppna lösningar för att ytterligare avlasta det kombinerade ledningssystemet och minska problematiken med marköversvämnningar i Södra Sofielund.



Figur 44. Karta över vattenflödena som rinner till området. (Malmö stad, Stadsbyggnadskontoret, 2015- 03- 04)

5.4.4 VATTENFLÖDEN

Vid kraftiga regn rinner stora vattenflöden till Södra Sofielund. Kartan i figur 44 är baserad på de topografiska förhållandena och visar en simulering av hur vattnet rinner på ytan när ledningssystemet är fullt. De röda pilarna illustrerar hur vattnet rinner. För att få en bättre bild av de huvudsakliga flödena på platsen har en förenklad tolkning av vattenflöden gjorts, se figur 45. Denna analys visar att stora vattenflöden kommer söder ifrån från Trelleborgsvägen upp mot Nobelvägen, men också längst Lönngatan och landar längst Bragegatan. Nobelvägen och Bragegatan är de två lägsta punkterna i det instängda området Södra Sofielund. Här blir vattnet stående då det inte kan ledas bort vid kraftiga regn.



Figur 45. Schematisk illustration över de största vattenflöden som rinner till det instängda området Södra Sofielund. De två lägsta punkterna där vattnet inte ledas bort är markerade med gråa cirklar.



Figur 46. Södra Sofielunds stadsstruktur. Området har en tät stadsstruktur med en blandning av olika bebyggelsestypologier.

5.4.2 OMRÅDETS KARAKTÄR

Södra Sofielund karakteriseras av en blandad bebyggelsestruktur, se figur 46. Området är ett äldre arbetarkvarter och består av gathus, öppen och sluten kvartersstad och mindre verksamhetsområden. Gathusen utgörs av småskalig bebyggelse med mindre trädgårdar, medan kvartersstadsbebyggelsen har större eller mindre bostadsgårdar. I utkanten av området går infartsleder från Yttre och Inre Ringvägen, i söder Ystadvägen och i väster Nobelvägen/Trelleborgsvägen. Flera verksamhetsområden finns i anslutning till Södra Sofielund. Marken inom dessa områden är belagd med asfalt och områdena har liten andel grönska. Den allmänna platsmarken i området kring

Södra Sofielund består till största del av vägar, trottoarer och parkeringsplatser och har liten möjlighet att fördröja dagvatten, undantag är mindre träd- och buskplanteringar. De befintliga vegetationsytorna ligger dock oftast högre än de hårdgjorda ytorna och dagvattnet leds därför inte till dessa ytor. Istället rinner dagvattnet över de hårdgjorda ytorna och samlar upp föroreningar för att sedan ledas direkt ner i ledningssystemet utan att någon fördröjning eller avskiljning av föroreningar sker. De parker som finns i Södra Sofielunds omgivning, se figur 46, har större möjlighet att ta hand om och fördröja dagvatten.



1. Tät struktur av gathus med tillhörande mindre trädgårdar.



2. Bostadsområde med öppen kvartersstruktur. Vegetationsytorna ligger högre än de hårdgjorda ytorna.



3. Marken i verksamhetsområdena kring Södra Sofielund är till största del belagd med asfalt.



4. Väster om Södra Sofielund går Nobelvägen.



5. Söder om Södra Sofielund går Ystadvägen.



6. Breda trottoarer utan grönstruktur.



7. Trädplantering på Sevedplan.

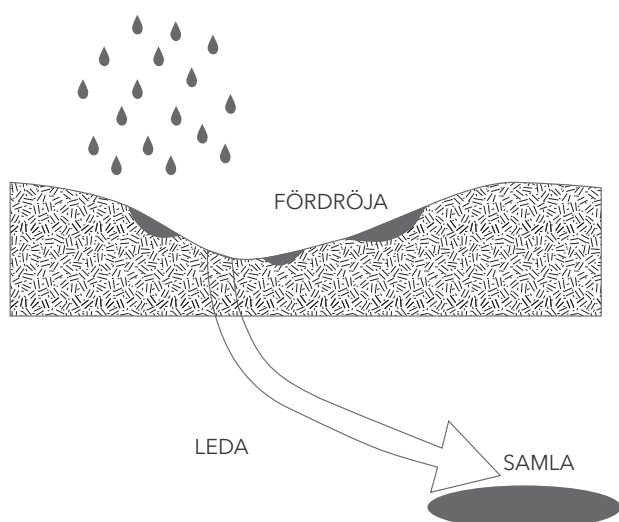


8. Parken Gullängen ligger i Södra Sofielunds omgivning.

5.5 FÖRSLAG SÖDRA SOFIELUND

Utifrån slutsatserna från fallstudien och undersökningar av de lokala förutsättningarna i Södra Sofielund undersöks vad en hållbar dagvattenhantering kan innebära för området. Förslaget tar utgångspunkt i de två lågpunkterna, Nobelvägen och Bragegatan.

5.5.1 STRATEGI FÖR HÅLLBAR DAGVATTENHANTERING I SÖDRA SOFIELUND



Under arbetets gång har en strategi för hållbar dagvattenhantering vuxit fram för Södra Sofielund. Strategin är baserad på intentionen att hantera olika regnmängder och syftet är att utifrån principerna för hållbar dagvattenhantering (Stahre 2004) avlasta ledningssystemet och därmed förebygga och minska risken för översvämningar. Syftet är också att området ska kunna hantera ett kraftigt skyfall utan allvarliga konsekvenser. Eftersom Södra Sofielund är ett instängt område med en tät stadsstruktur behövs en kombination av öppna lösningar för att minimera risken för översvämningar. Det behövs också en strategi för vart vattnet skall ta vägen då ledningssystemet är fullt vid händelser av kraftiga regn. Vi har konceptualiserat dessa principer i tre begrepp; fördröja, leda och samla.

Fördröja

Fördröja används här som ett samlingsnamn för preventiva åtgärder som syftar till att fördröja vattnet innan det når ledningssystemet. I en tät bebyggelsestruktur handlar det om att undersöka möjligheten för mellanrummen i staden att rymma hållbar dagvattenhantering. Utgångspunkten är att flera förebyggande små lösningar kan vara viktiga för att fördröja vattnet och minska belastningen på ledningsnätet samt begränsa föroreningar i dagvattnet. Fördröjande åtgärder kan vara att leda vattnet till vegetationsytor eller andra permeabla ytor.

Leda

Vid kraftiga regn och när ledningsnätets kapacitet är nådd handlar leda om att leda dagvattnet till ytor där vattnet inte gör skada. I lågpunkter med liten möjlighet att rymma större dagvattenmängder och där möjligheten att leda bort vattnet av naturliga skäl inte är möjlig, bör dagvattnet ledas bort innan det når lågpunkten. Det handlar om att undersöka hur vattenflödena till lågpunkten kan begränsas eller ledas om till en yta där det kan samlas och fördröjas. De ytor som främst transporterar dagvatten till lågpunkter i staden är vägar. De vägar som idag ligger strategiskt i eller i närheten av de stora flödena kan få en ny utformning så att vägarna förutom att transportera bilar och cyklister också kan transportera dagvatten.

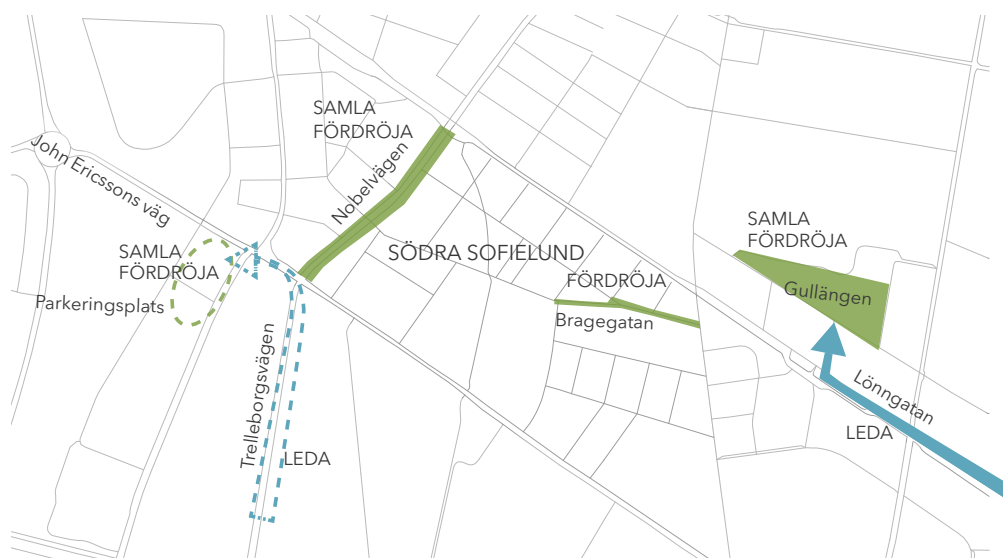
Samla

Vid kraftiga regn räcker det inte med mindre dagvattenlösningar för att hantera översvämningar. Större ytor som ligger strategiskt i förhållande till de stora vattenflödena och där det finns en topografisk möjlighet att leda vatten till kan utformas för att samla vatten utan att det ger skada på infrastruktur eller bebyggelse i området. Dessa ytor ska kunna fungera som tillfälliga översvämningssytor och ta hand om stora mängder vatten, men även fungerande väl när vädret är torrt.

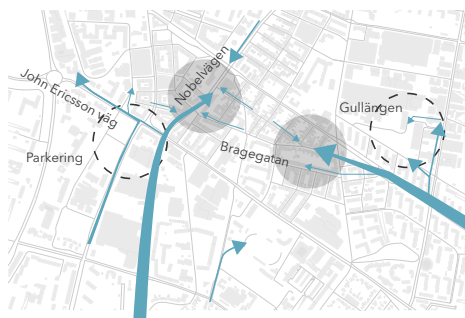
5.5.2 VAL AV PLATSER

Val av platser har gjorts baserat på två kriterier. Dels utifrån strategin för hållbar dagvattenhantering i Södra Sofielund, dels för att ge exempel på vad stora och små lösningar kan innebära i den täta stadsstrukturen. Utifrån detta har tre platser valts. Gullängen är en större park i anslutning till Södra Sofielund och exemplifierar en större lösning i stadsmiljö. Nobelvägen är en hårt trafikerad gata som visar hur en gata med behov av många funktioner även kan rymma hållbar dagvattenhantering. Bragegatan, en mindre lokalgata, ger exempel på en mindre lösning i tät stadsmiljö. Eftersom syftet med val av platser är att undersöka olika strukturer i staden och ge förslag

på hur utformningen kan se ut, har det lett till valet att endast gå vidare med de tre platserna, Gullängen, Nobelvägen och Bragegatan. Den parkeringsplats som finns i anslutning till John Ericssons väg skulle kunna även den vara en strategisk plats dit vatten kan ledas och samlas för att avlasta lågpunkten Nobelvägen. Då denna yta är märkt som exploateringsområde i Malmö stads översiktsplan behöver möjligheter att också rymma en översvämningsyta därför utredas i ett senare skede. Med detta följer att det inte heller är relevant att undersöka hur Trelleborgsvägen kan bli en väg som leder vatten till ytan.

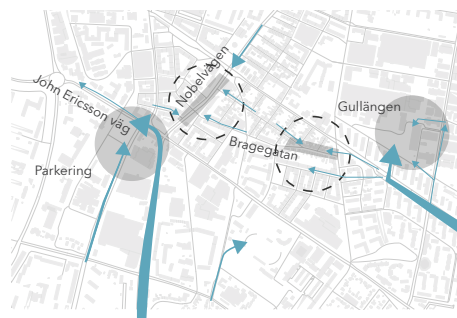


Figur 47. Val av plats för föreslagna åtgärder.



FÖRE

Figur 48. Huvudsakliga flödesvägar till området innan föreslagna åtgärder. Kartan visar att vattnet rinner ner till lågpunkterna Nobelvägen och Bragegatan och blir stående där.



EFTER

Figur 49. De största vattenflödena leds efter föreslagna åtgärder bort till parken Gullängen och till en större parkeringsplats vid John Ericssons väg innan vattnet når lågpunkterna.

5.5.3 KONCEPT

Utgångspunkten för utformningen av platserna är att låta vattnet ta plats. Dagvatten är ett av de naturliga system som finns i staden och konceptet går ut på att ge detta system utrymme ovan mark och på så vis synliggöra det. Genom att se dagvattnet som en resurs kan dagvattnet generera fler funktioner på platserna. Förutom funktionen

av dagvattenhantering i öppna system så kan också dagvattnet utnyttjas för att skapa funktioner som rekreation och ekosystemtjänster. Samtidigt ska även dagvattnet kunna rymmas jämsides med andra funktioner i staden så att platserna blir så mångfunktionella som möjligt.

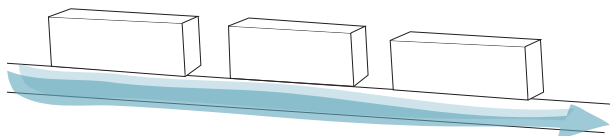
Den blå-gröna parken



GULLÄNGEN: SAMLA OCH FÖRDRÖJA

Gullängen är en befintlig park som får en ny utformning så att den kan samla och fördröja vatten innan det når ledningssystemet och lågpunkt. Parken är en större yta som ligger topografiskt strategiskt och större mängder vatten kan ledas dit utan att göra skada på bebyggelse eller minska framkomligheten. Gullängens storlek gör att vattnet kan få ta plats och bli ett permanent inslag i parken och samtidigt som parken fungerar som rekreativ plats eller mötesplats för människor. Vattnet kan också bli en resurs för den befintliga grönskan i parken, men även bidra till att skapa en mer varierad vegetation på platsen.

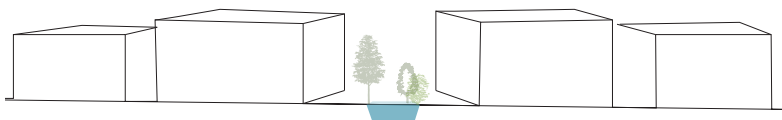
Vattenväg



LÖNNGATAN: LEDA

Mycket av vattnet som strömmar till området leds via hårdgjorda ytor och framförallt vägarna. Längst Lönngatan rinner vattnet på ytan ner till lågpunkten Bragegatan. För att avlasta lågpunkten utformas Lönngatan med en ny vägprofil så att vattenflödena kan ledas till översvämningsyta Gullängen innan det når lågpunkten, Bragegatan.

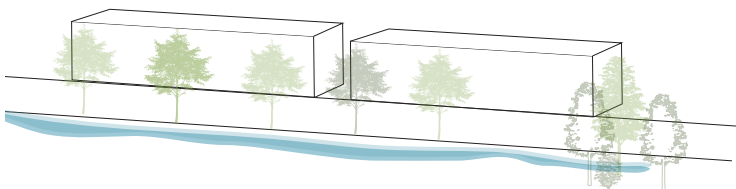
Den gröna luckan



BRAGEGATAN: FÖRDRÖJA

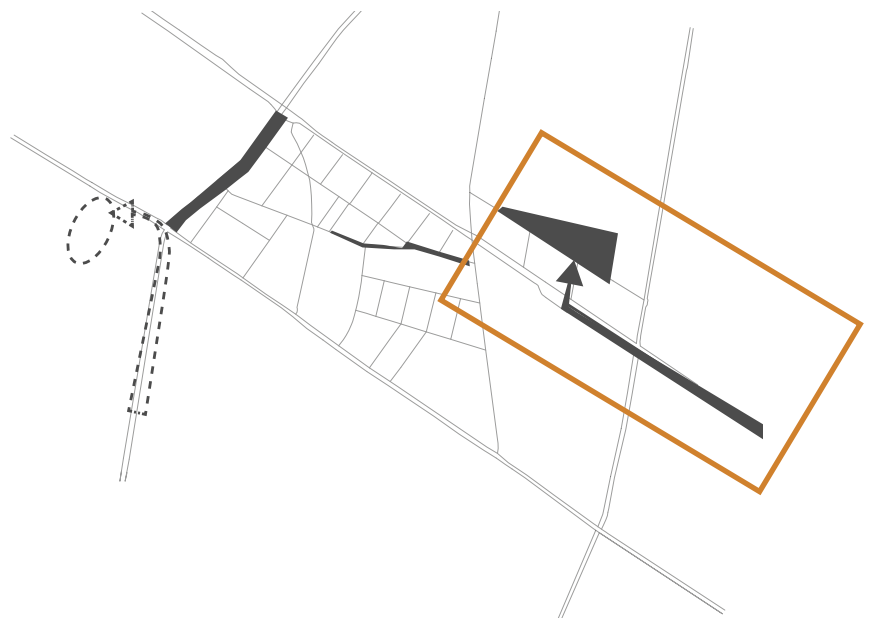
I lågpunkten Bragegatan handlar det om att i den mån det går begränsa översvämningen genom fördröjning av det vattnen som rinner till platsen. Strategin blir att hitta det utrymme som går att ta i anspråk och där minska andel hårdgjord yta och addera grönska. Vattnet leds till de nya vegetationsytorna och blir en resurs för grönskan samtidigt som det fördröjs innan det når ledningssystemet.

Den gröna gatan



NOBELVÄGEN: SAMLA OCH FÖRDRÖJA

I lågpunkten Nobelvägen blir strategin att kontrollera översvämningen så att vattnet inte ger skador på infrastruktur eller minskar framkomligheten. Längs Nobelvägen har utrymme identifierats där det är möjligt att göra åtgärder. Detta utrymme utformas så att det så effektivt som möjligt kan samla vatten vid större regn, men samtidigt rymma flera funktioner som gång- och cykelstråk och aktivitetsyta. Åtgärder på den gröna gatan innebär att minska andel hårdgjord yta till förmån för vegetation. Genom att leda dagvattnet till vegetationsytorna fördröjs vattnet innan det når ledningssystemet, samtidigt som det blir en resurs för grönskan.



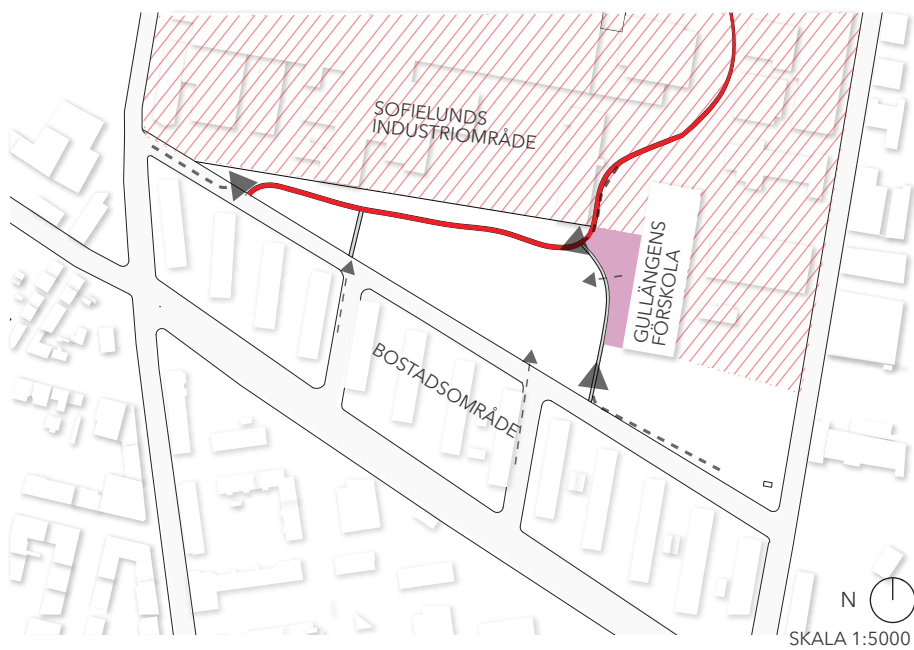
5.6 GULLÄNGEN

Gullängen ligger mellan Sofielunds industriområde och ett bostadsområde med lamellhus. Parken består till största del av en sammanhängande gräsyta som är något nedsänkt jämfört med omgivningen, men i övrigt helt flack. Träden i parken har fått växa till sig under lång tid och har fina kvaliteter, men är nästan uteslutande placerade i ytterkanterna, se figur 50. Gullängen saknar programmering och detaljer som ger variation och de få sittplatser som finns är placerade utan tanke på vad som skapar en rumslighet. I parkens norra del går en asfalterad cykelväg och i parken östra del finns en förskola med en

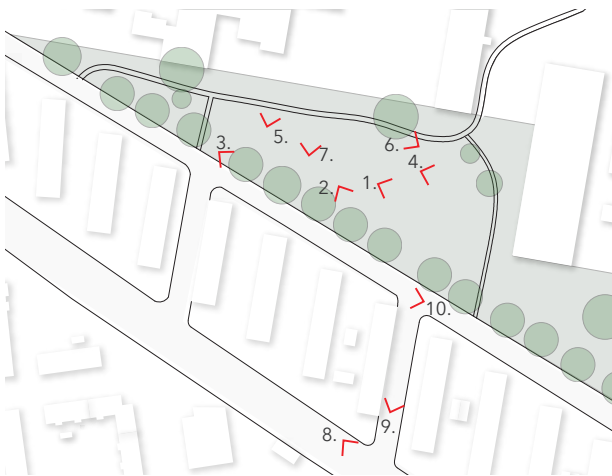
gård och lektyta, se figur 51. Denna yta är dock inhägnad och är inte tillgänglig för parkens besökare. Några andra ytor för lek eller aktivitet finns inte. Vid kraftiga regn rinner stora vattenflöden längst Lönngatan som går parallellt med parken. Dessa vattenmängder hamnar till stor del i Södra Sofielund, se figur 50. Topografiskt finns dock möjlighet att avleda detta vatten till Gullängen. Det angränsande området har en traditionell dagvattenhantering där dagvattnet leds direkt till brunnar och där stuprör från byggnader är kopplade till ledningssystemet utan att fördröjas lokalt.



Figur 50. De blå pilarna visar de större vattenflödena i området. Stora flöden rinner längst Lönngatan ner mot Södra Sofielund. Det finns dock topografiska förutsättningar att leda av vattnet till Gullängen innan det hamnar i Södra Sofielund.



Figur 51. Viktiga entréer till området är dels till cykelvägen (i rött) som går igenom norra delen och dels vägen i öster som leder till Gullängens förskolan. Förskolan utnyttjar en del av parken som gård. Denna yta (rosa) är inte tillgänglig för parkens besökare.



Figur 52. Fotopunkter, Gullängen.



1. Gullängen består av en stor öppen gräsyta, utan funktioner och rumsavdelare.



2. Parken skiljs från Uddeholmsgatan med en trädrad med fina kvaliteter.



3. Trädraden skapar en gräns mot gatan, men utgör ingen barriär som skiljer parken från dess omgivning.



4. I parkens östra del ligger gården till en nyöppnad förskola. Gården är inte tillgänglig för allmänheten.



5. Sittplatserna är få i parken och placerade utan relation till element som skapar rumslighet.



6. I parkens norra del går en asfalterad cykelväg.



7. Parken gränsar i norr till Sofielunds industriområde. Industriområdet döljs till största del av vegetation.



8. Vid extrema regn rinner mycket vatten längst Lönngatan till lågpunkten vid Bragegatan i Södra Sofielund



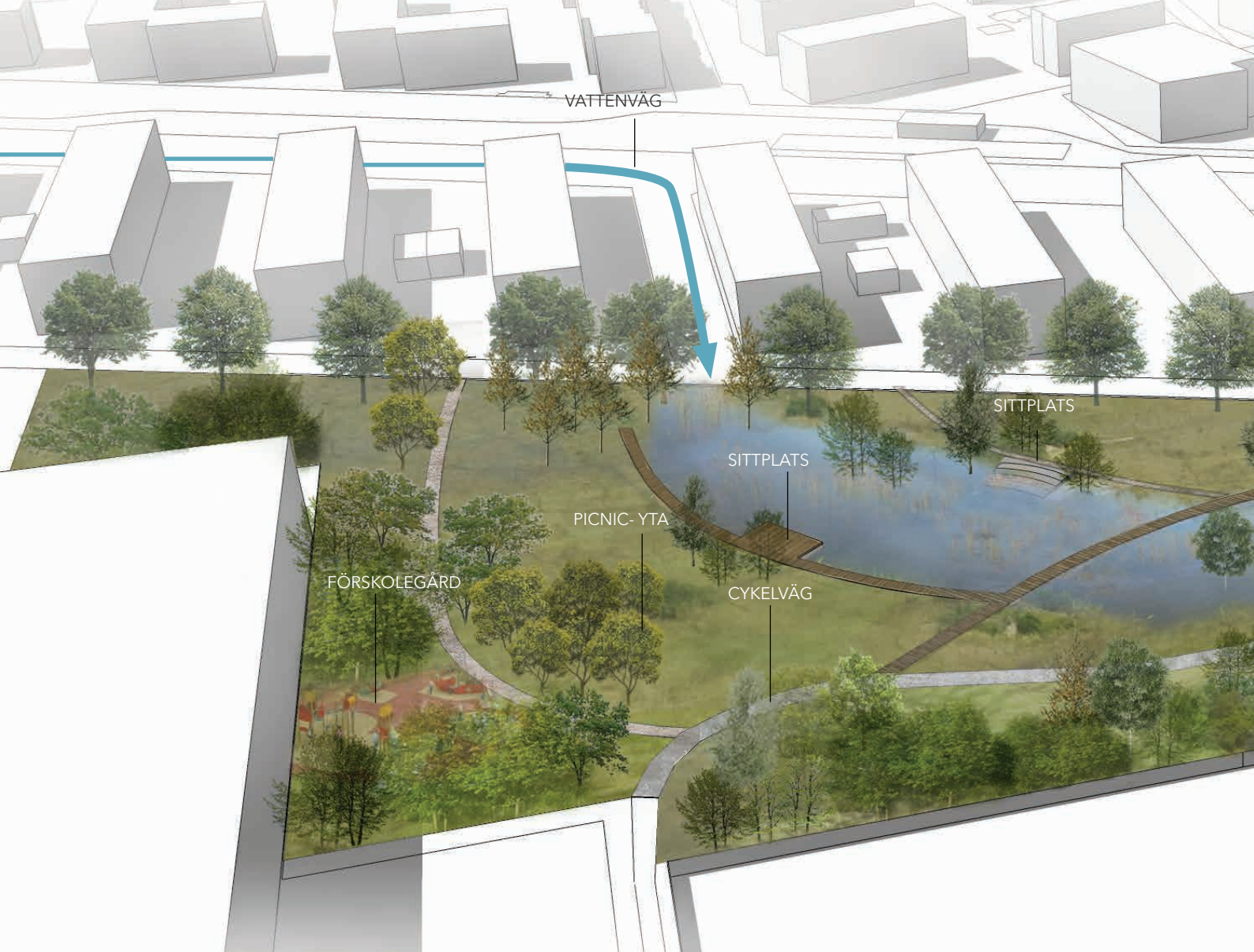
9. Takvattnet från lamellhusen på Skultunagatan är påkopplade på ledningssystemet och leds ner i ledningssystemet utan att fördröjas lokalt.



10. Bostadsområde med lamellhus som gränsar till parken.

SLUTSATSER AV INVENTERING OCH ANALYS

Gullängens topografiska läge och storlek gör parken lämplig som översvämningssyta och redan idag tar den stora mängder regnvatten vid extrema regn. En modellering av marken skulle dock medföra att parkens kapacitet som översvämningssyta kan utnyttjas mer effektivt. Gullängen är också i stort behov av upprustning för att bättre kunna fungera som en rekreativ och social plats i området.



Figur 53. Fågelperspektiv över parken vid kraftig nederbörd.

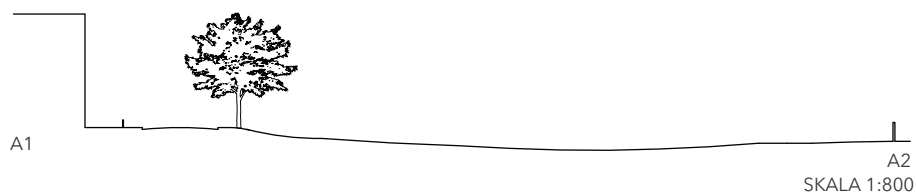
DEN BLÅGRÖNA PARKEN

I förslaget har Gullängen utformats som en kombinerad översvämningsyta och stadsdelspark. Fokus i utformningen är att parken vid kraftiga regn ska kunna samla och fördröja en större mängd regnvatten. För att vatten ska ledas till parken istället för till området i Södra Sofielund där det orsakar översvämnningar, ges Lönngatan och Skultunagatan nya vägprofiler. Åtgärderna på Gullängen syftar också till att rena det vatten som kommer till parken via de anslutande vägarna. Även vid torrt väder har vattnet en viktig del i parken, då det utformats för att ge både rekreativa och ekologiska kvalitéer. Aktivitetsytor och nya gångstråk har också utformats för att stärka Gullängens funktion som stadsdelspark.

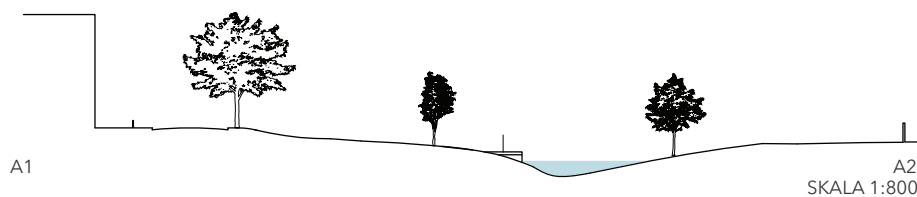


Figur 54. Fågelperspektiv över parken vid torrt väder.

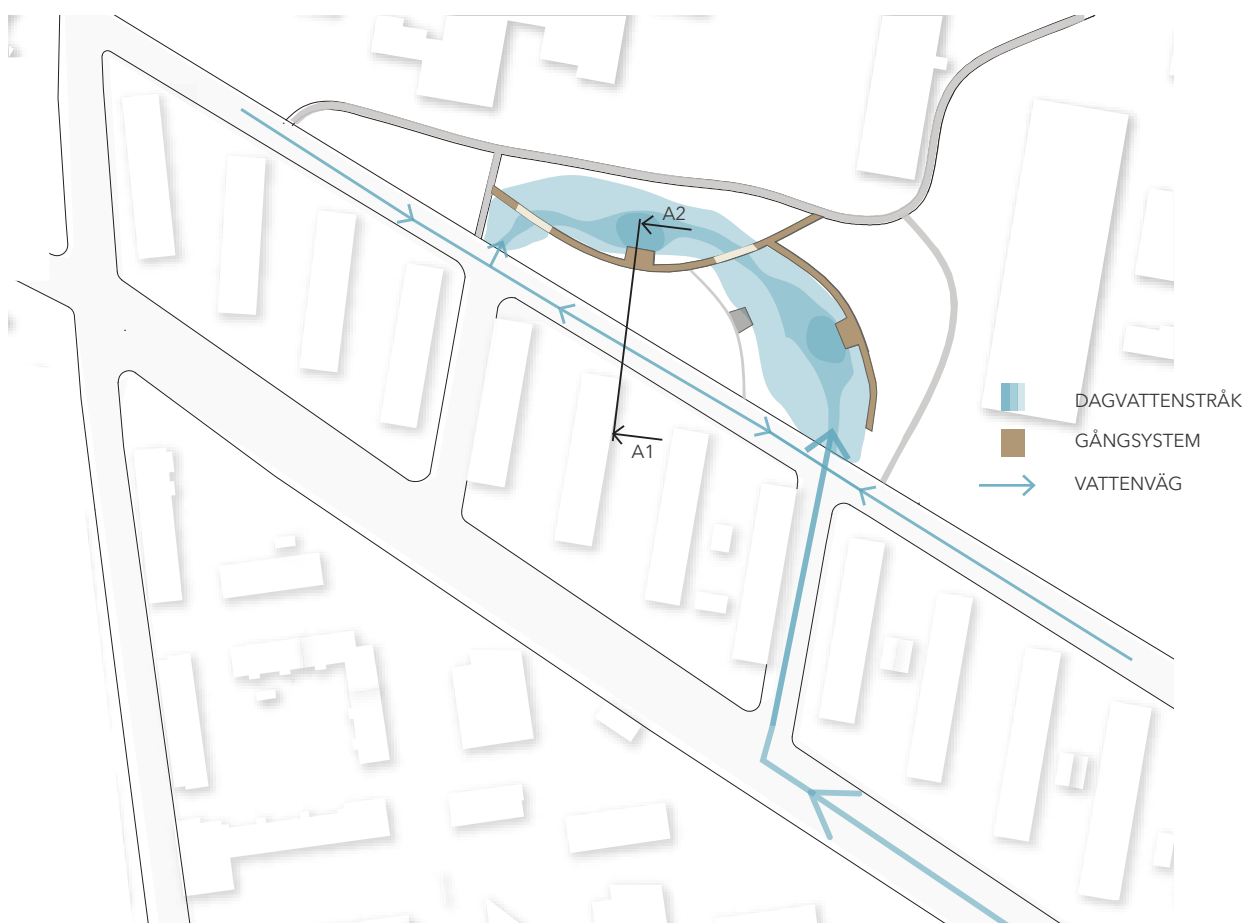
FÖRE, SEKTION A1-A2



EFTER, SEKTION A1-A2

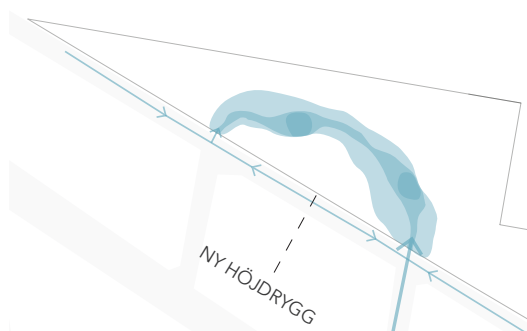


Figur 55. Snitten visar principen för parkens topografi före och efter den föreslagna utformningen. (Skala 1:800, Dubbel höjdskala)

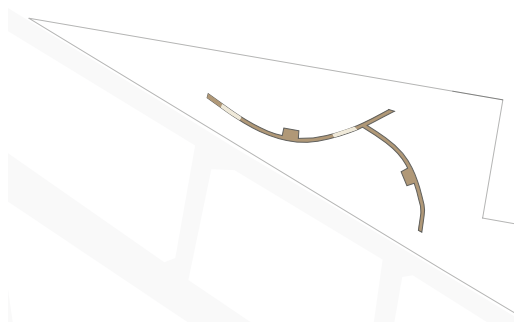


Figur 56. För att parken ska kunna ta en större mängd vatten än vad den gör idag har den modellerats så att den på sina ställen kan översvämmas. Vid regn leds vatten från omgivande vägar till parken där det samlas i ett dagvattenstråk som löper genom parkens mitt.

DAGVATTENSTRÅK

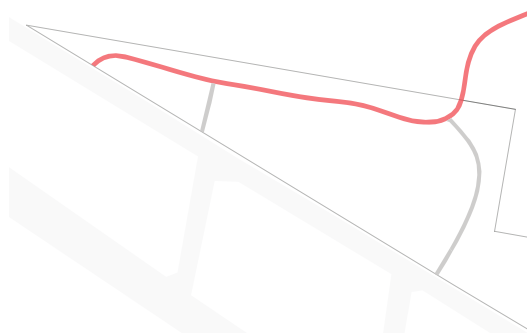


Dagvattenstråket har möjlighet att variera i storlek beroende på regnmängd och vid ett extremt regn kan nästan hela parken översvämmas utan att omkringliggande byggnader påverkas. Två dammar med permanenta vattenspeglar finns längs dagvattenstråket och utgör viktiga mötesplatser i parken.



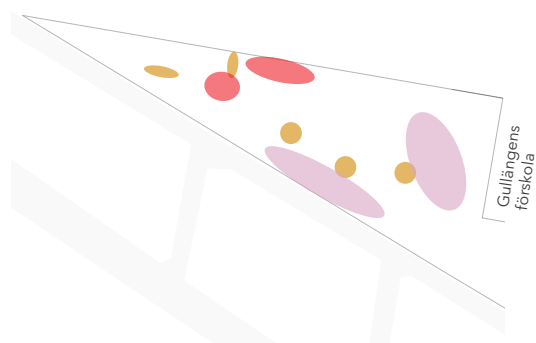
UPPHÖJT GÅNGSYSTEM LÄNGST VATTNET

Dagvattenstråket ramas in av ett upphöjt gångsystem som löper längst med vattnet och gör det möjligt att komma nära vattnet. I anslutning till de permanenta dammarna finns plattformar med sittmöjligheter.



GÅNG- OCH CYKELVÄGAR

Det upphöjda gångsystemet fungerar som ett komplement till det befintliga gång- och cykelvägarna i parken. Då dessa vägar fyller viktiga rörelsemönster genom parken har de behållits i förslaget för parken.



AKTIVITETSYTOR

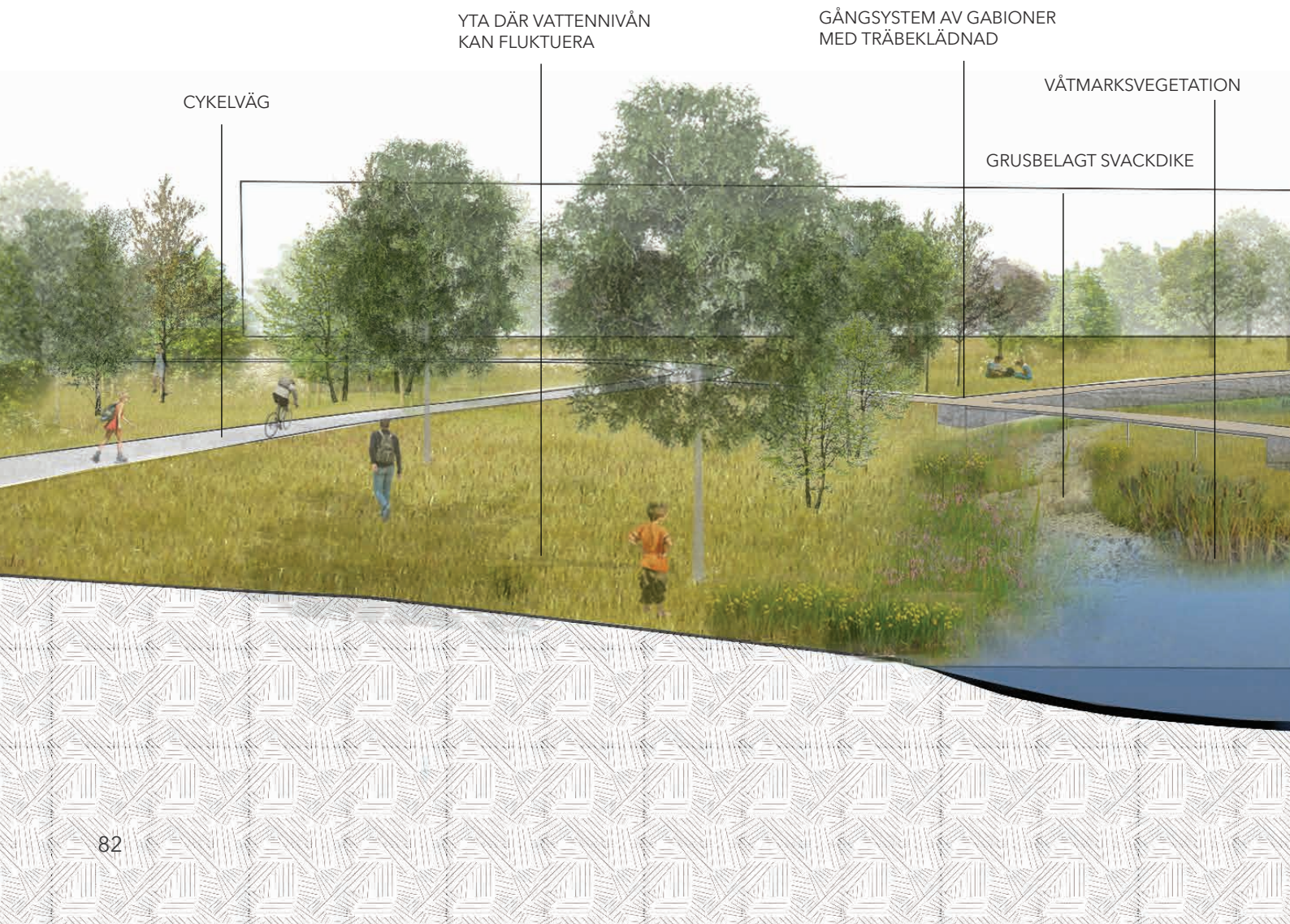
Ytor som inte modelleras nämnvärt har värderats utifrån placering och potential att innehålla aktiviteter. Ytan intill Gullängens förskola är den ytan som har bäst solläge och kommer att vara gräsklädd för att fungera som en picknickyta. Parken programmeras med ytor för träning, lek och sittplatser med placering vid vattnet och i anslutning till aktivitetsytorna.





Figur 57. I västra delen av parken finns ett klättertorn med anslutande lekplan. Stepping stones leder ner till en av dammarna och gör vattnet tillgängligt för lek.

Figur 58. Perspektivskiss över en av de permanenta dammarna snett ovanifrån, från nordvästra delen av parken.



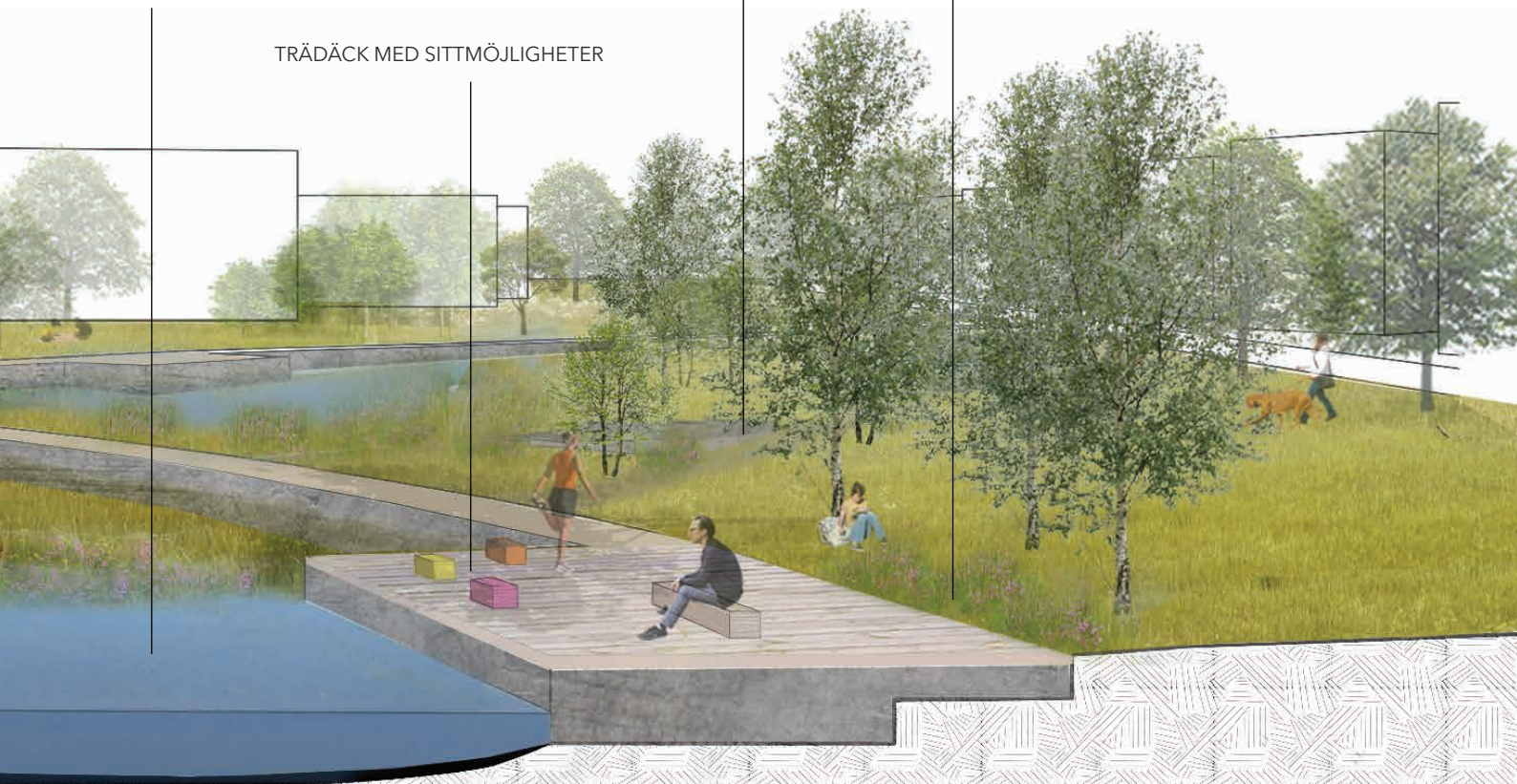


TRAPPA I ANSLUTNING
TILL VATTNET

PERMANENT DAMM

TRÄDÄCK MED SITTMÖJLIGHETER

PARKYTOR I SAMMA NIVÅ
SOM GÅNGSYSTEMET





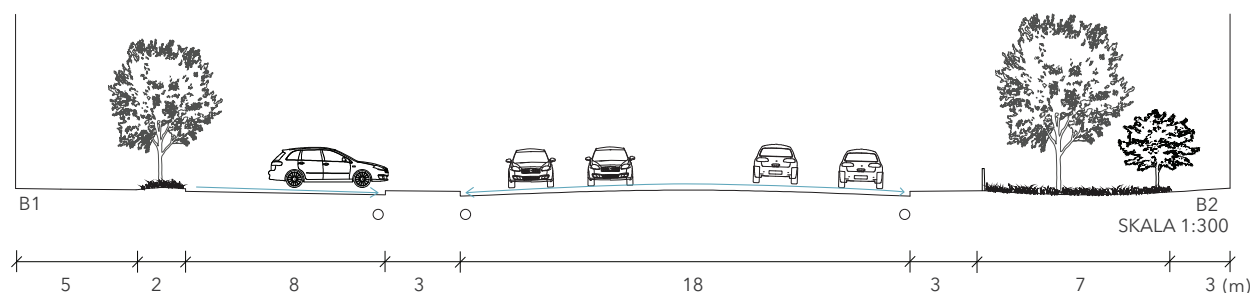
Figur 59. Vid extrema regn avleds dagvattenflödet från Lönngatan, via Skultunagatan till Gullängen.

VATTENVÄGAR

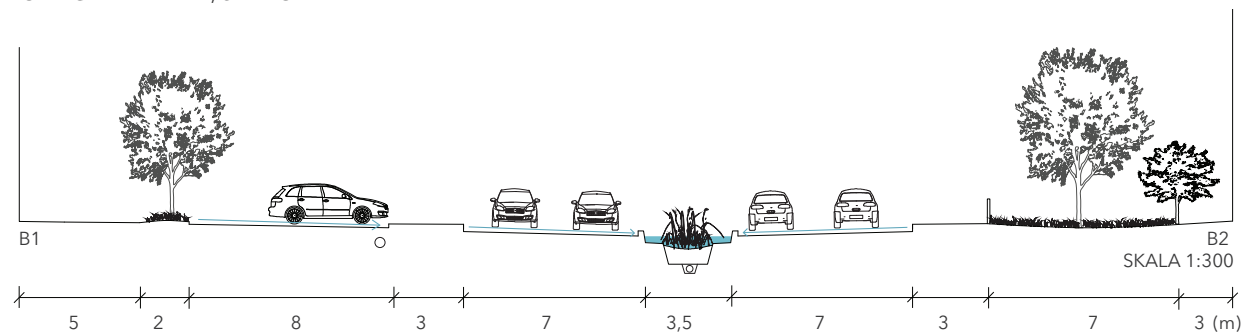
I förslaget utformas Lönngatan och Skultunagatan till vattenvägar så att de vid större regn kan transportera dagvatten till Gullängen och underlätta för lågpunkten, Bragegatan, i Södra Sofielund. Trafikdagvatten är förhållandevis förorenat och därför leds detta vatten till parken endast vid större regn då föroreningshalten är betydligt lägre. Figur 60 visar Lönngatans nya

utformning med nedsänkt ränna i mitten av gatan. Rännan är försedd med ett bräddavlopp som vid mindre regn gör att dagvattnet fördröjs i rännan innan det leds vidare till ledningssystemet. Vid större regn släpps regnvattnet från Lönngatan vidare till Skultunagatan och till sist till dagvattenstråket på Gullängens, se figur 59.

LÖNNGATAN FÖRE, SEKTION B1-B2



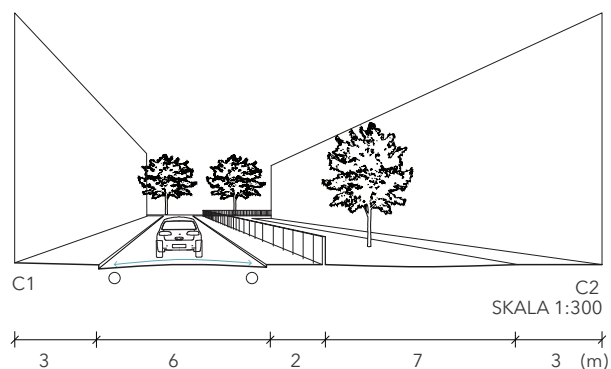
LÖNNGATAN EFTER, SEKTION B1-B2



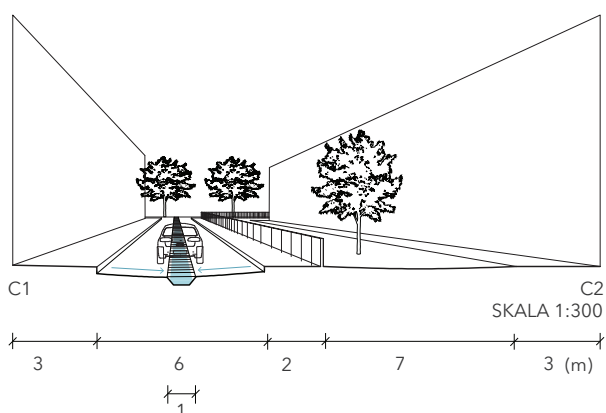
Figur 60. Lönngatans utformning före och efter åtgärden som vattenväg.

Eftersom Skultunagatan är en smal lokalgata finns begränsad plats för en öppen dagvattenhantering. För att göra gatan körbar samtidigt som den kan fungera som en vattenväg placeras därför en gallerförsedd ränna i mitten av gatan. Skultunagatans nya vägprofil gör att hela gatan kan transportera vatten vid mycket kraftiga regn, se figur 61.

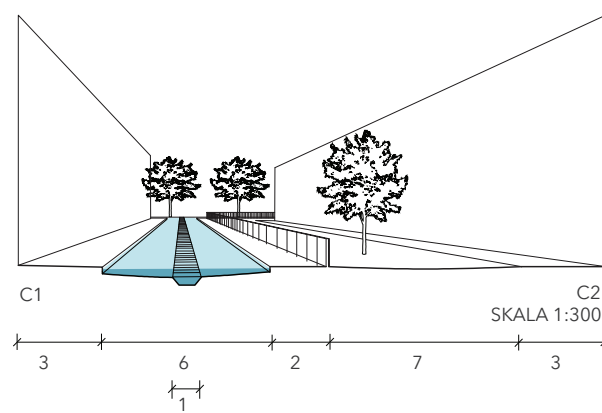
SKULTUNAGATAN FÖRE, SEKTION C1-C2



SKULTUNAGATAN EFTER VID MINDRE REGN, SEKTION C1-C2



SKULTUNAGATAN EFTER VID KRAFTIGA REGN, SEKTION C1-C2



Figur 61. Skultunagatans utformning före och efter åtgärden som vattenväg.

(m)



TAKVATTEN OCH INLOPP

För att få ett tillskott av vatten till dammarna även vid mindre regn leds takvatten från angränsande bebyggelse till parken och till dammarna. Vattnet leds genom gallerförsedda rännor till de två inloppen i parken, se figur 62, och vidare till dammarna.

Figur 62. Inlopp till Gullängen från Uddeholmsgatan



Figur 63. Vegetationen längst dagvattenstråket är indelad i tre zoner. 1. översilningsyta 2. dammar 3. svackdike

VEGETATION I DAMM OCH DAGVATTENSTRÅK

Växterna i dagvattenstråket och de båda dammarna har valts utifrån hur väl de fungerar i förhållande till olika fuktighetszoner, samt deras förmåga att rena dagvatten. För att skilja de föroreningar som finns i dagvattnet har en översilningsyta placerats vid de två inloppen i parken, se figur 63. Denna yta har till syfte att filtrera dagvattnet och skilja föroreningar från vattnet, men också att minska flödes hastigheten. De två permanenta dammarna

har även de en renande funktion. Dels sedimenteras föroreningarna, dels kan vissa föroreningar tas upp av de växter som planterats runt dammen. Växterna tas sedan ner och transporteras bort. För att undvika algbildning planteras träd som ger lätt skugga i anslutning till vattnet. Svackdiket som förbinder de båda dammarna har försetts med en grusbelagd botten för att undvika erosion och att marken blir sank där vattnet rinner.



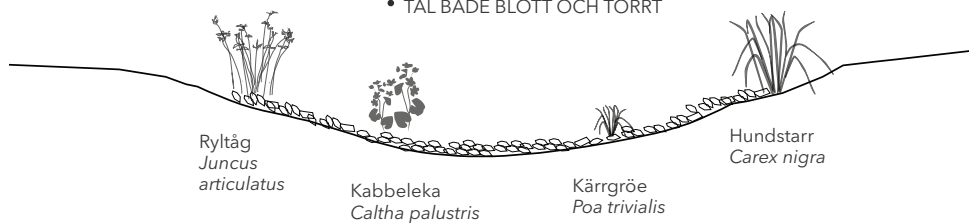
Figur 64. Kabelleka i anslutning till dagvattenanläggning.



Figur 65. Gulsvärdslilja och fackblomster längst svackdike.

1. ÖVERSILNINGSYTA

- FILTRERAR PARTIKLAR
- TAR UPP NÄRING
- RENAR VATTNET
- TÅL BÅDE BLÖTT OCH TORRT

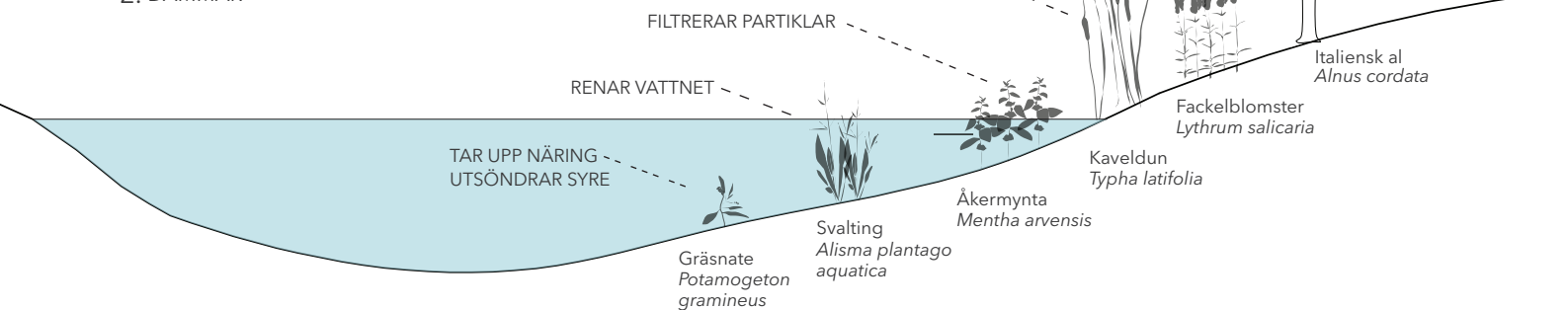


SKUGGAR- MINSKAR ALGTILLVÄXT

TÅL BÅDE BLÖTT OCH TORRT

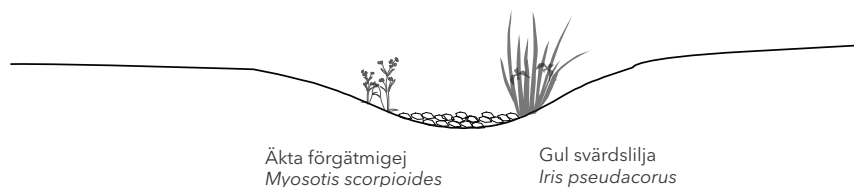
- TAR UPP NÄRING
- GYNNAR MIKROORGANISMER
- SKUGGAR- MINSKAR ALGTILLVÄXT
- RENAR VATTNET

2. DAMMAR

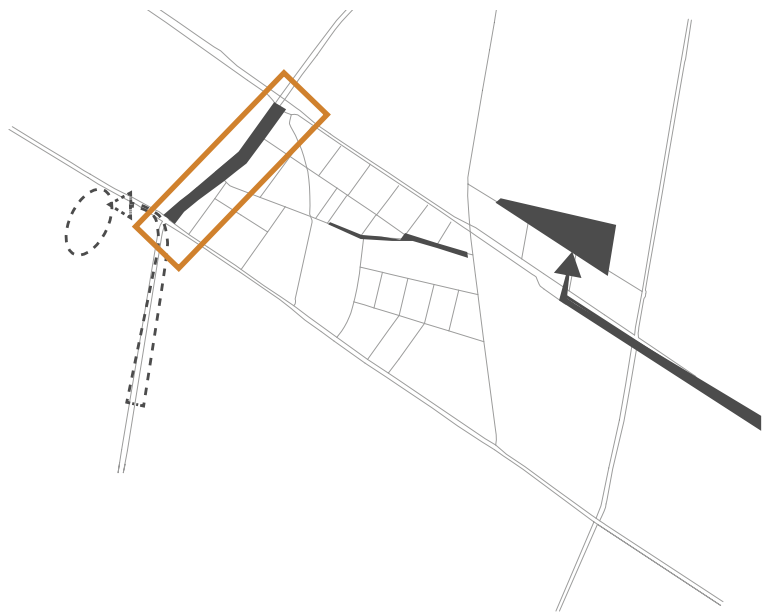


3. SVACKDIKE

- TÅL BLÖTT BÅDE OCH TORRT
- RENAR VATTNET



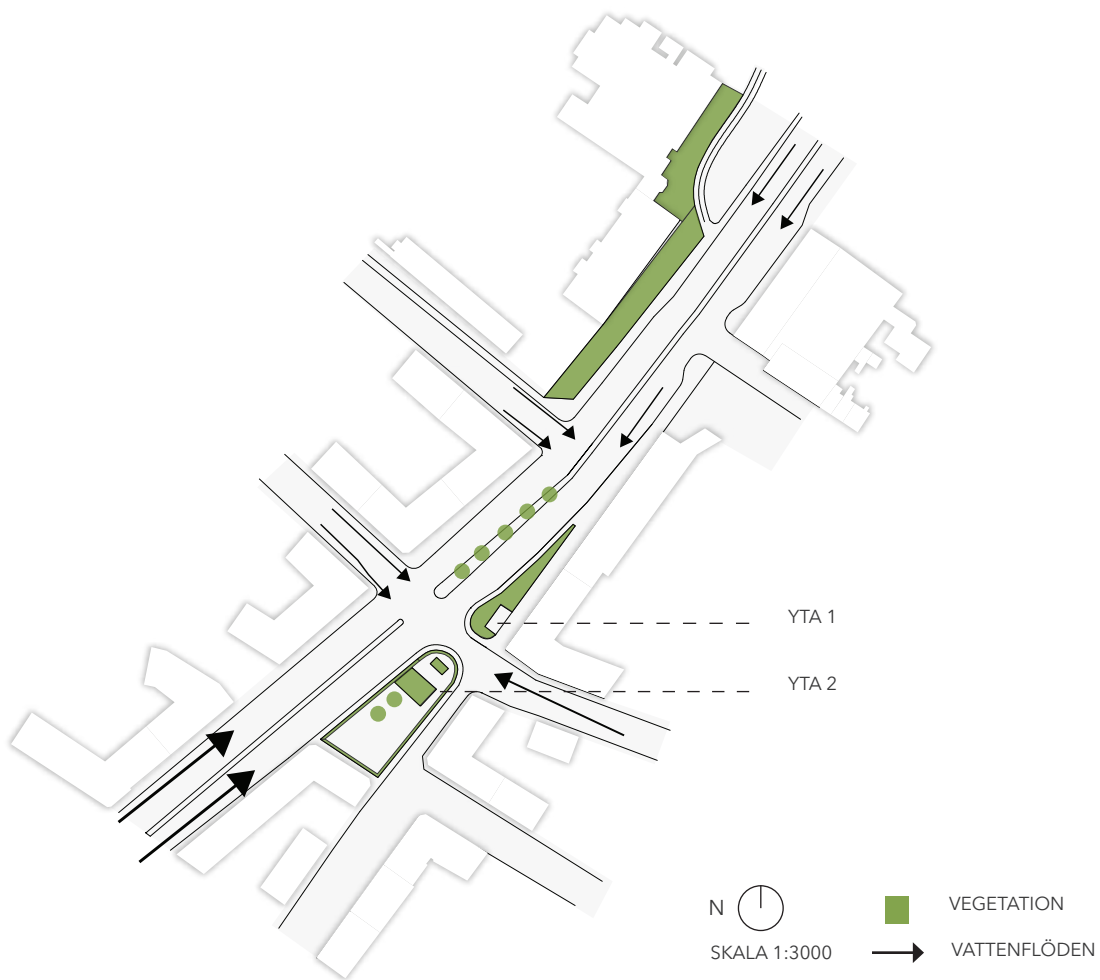
Figur 66. Utformningsprincip över dagvattenstråkets tre zoner och vilka funktioner växterna har för rening av dagvatten.



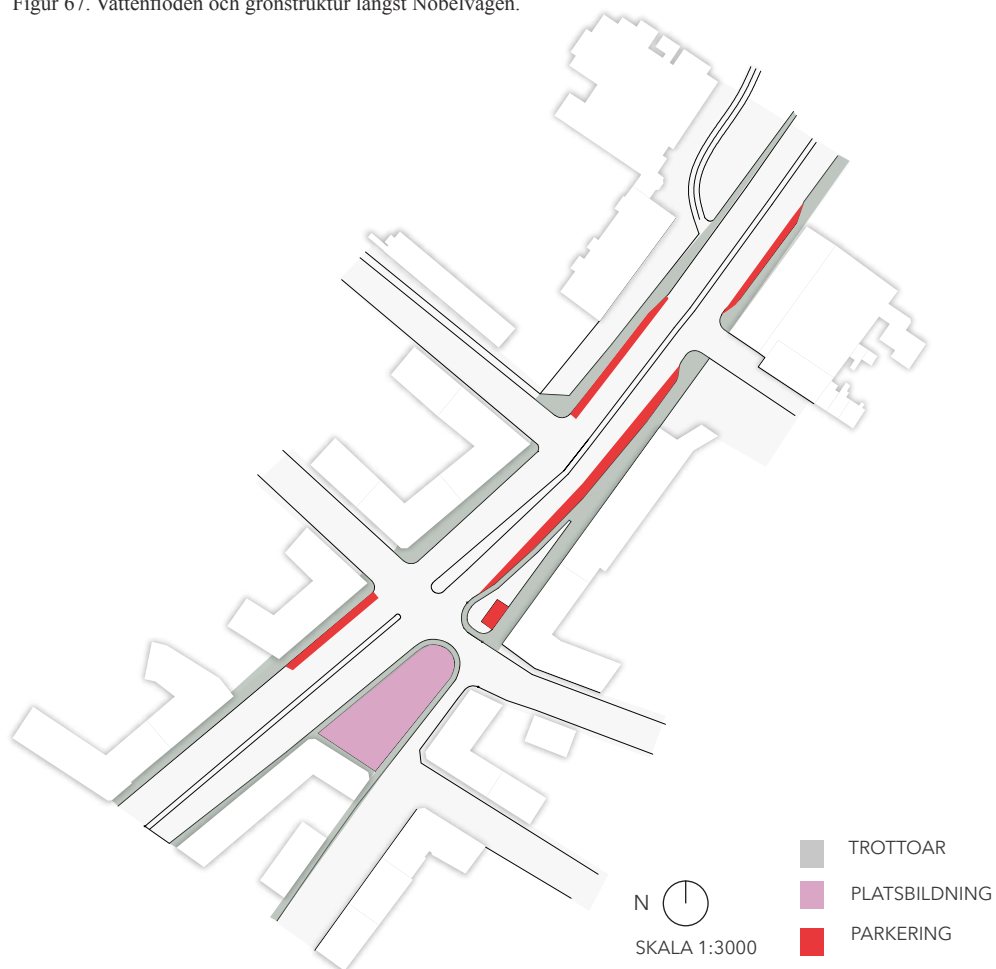
5.7 NOBELVÄGEN

Nobelvägen är en bred, trafikerad gata som gränsar till Södra Sofielunds västra delar. Trots Nobelvägens storlek finns det sidoparkering på flera ställen längst med vägen, se figur 68. Körfälten separeras med en upphöjd asfalterad mittremsa som på vissa ställen blir bredare, vilket då har utnyttjats till plantering av träd och buskar. Cykelväg finns idag endast på vissa sträckor av Nobelvägen, men planer finns att utöka cykelvägen längst hela vägen (Malmö stads översiktsplan). På flera ställen längst Nobelvägen är trottoarerna mycket breda och upplevs nästan ödsliga, däremot finns små verksamheter som bidrar med rörelse på några ställen intill gatan. Eftersom Nobelvägen är relativt hårt trafikerad är den bullerutsatt

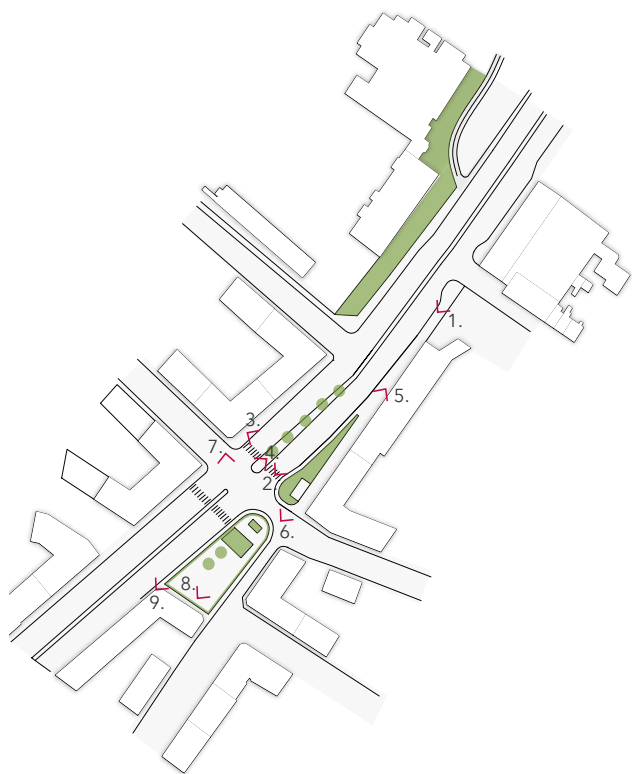
och ljudnivån är hög. I anslutning till Nobelvägen finns det två större öppna ytor, se yta 1 och yta 2 i figur 67. Yta 1 består av en vändplan och parkering med omgivande träd- och buskplantering. Planteringen ligger dock högre än de hårdgjorda ytorna och tar inte upp något dagvatten. Yta 2 är en till största del en hårdgjord platsbildning, med en basketplan, mindre lektya, sittplatser och en träd- och buskplantering. Denna yta är nedsänkt i jämförelse med omgivande gator och vid kraftiga regn kan denna plats redan idag fungera som en mindre översvämningssyta. Vid mindre regn leds dock vatten ner i brunnar längst gatan och den vegetation som finns på platsbildningen utnyttjas inte för att omhänderta dagvattnet från omgivningen.



Figur 67. Vattenflöden och gröstruktur längst Nobelvägen.



Figur 68. Parkering, platsbildning och trottoar längst Nobelvägen.



Figur 69. Fotopunkter, Nobelvägen



1. Bred trottoar och parkering längst gatan.



2. Parkering längst gatan. Dagvattnet leds ner i brunnar



3. Mittrefugen är upphöjd vilket gör att dagvattnet från körbanan inte leds till de träd som är planterade där.



4. Oinfiltrerbar yta och sparsamt med vegetation på restytorna längst Nobelvägen.



5. I några av byggnaderna längst Nobelvägen finns verksamheter i bottenvåningen. Trottoarerna är på många ställen mycket breda.



6. I anslutningen till Nobelvägen finns en yta med vändplats (yta 1, se figur 67), parkering och plantering. Dagvattnet leds inte till denna vegetation, utan direkt ner i brunnar och vidare till ledningssystemet.



7. Vy mot den nedsänkta platsen (yta 2, se figur 67).



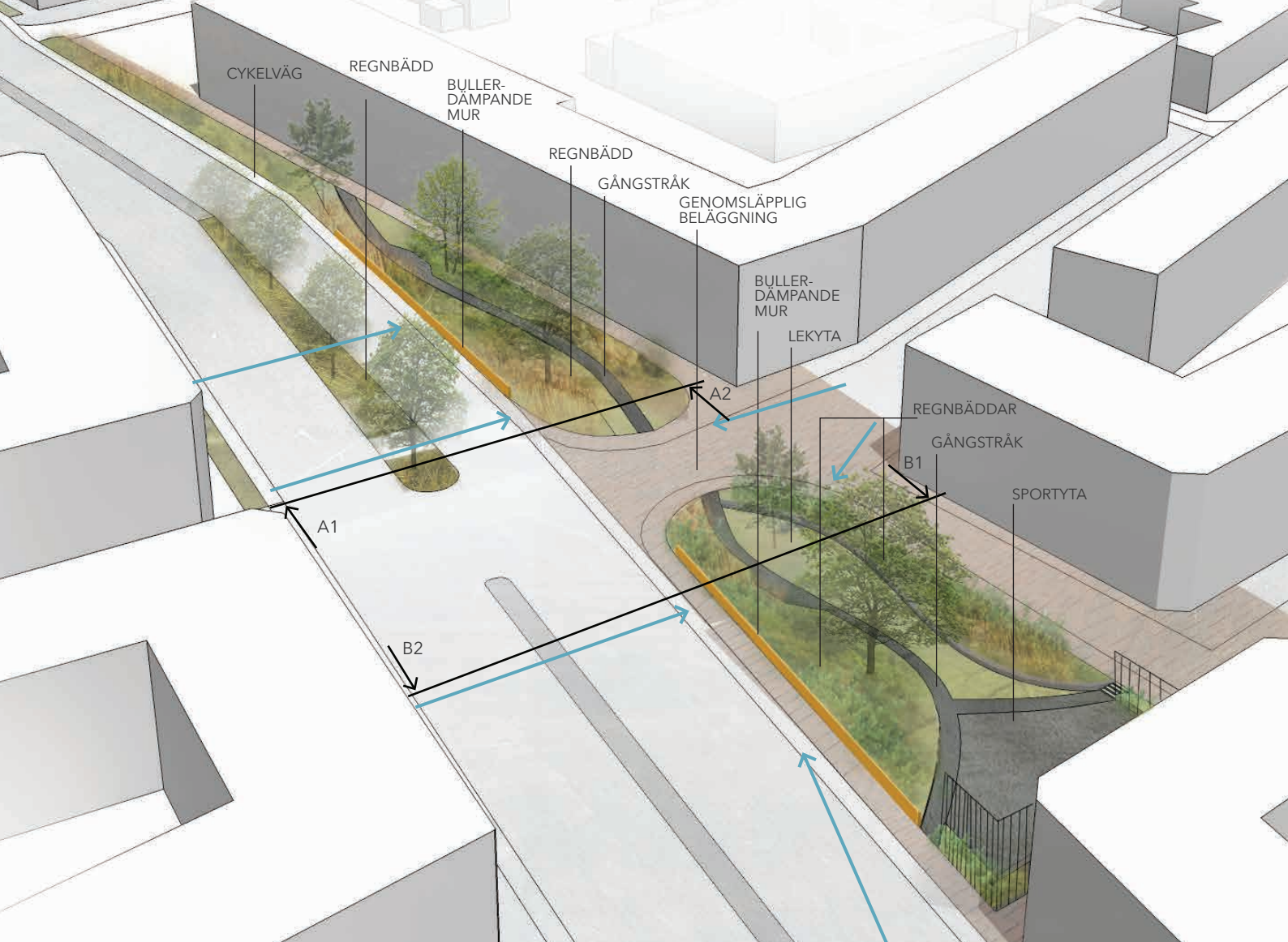
8. Intill Nobelvägen finns en nedsänkt plats (yta 2) med en basketplan, lektya och plantering. Denna plats består till stor del av hårdgjorda ytor och dagvattnet leds inte till den vegetation som finns.



9. Den nedsänkta platsen (yta 2) är avskärmad med en häck och staket från Nobelvägen och det finns ingen entre till platsen från denna sida. Trottoaren sluttar ut från platsen mot körbanan.

SLUTSATSER AV ANALYSERNA

Längs Nobelvägen finns idag flera ytor som kan ge plats åt öppen dagvattenhantering. Parkeringsplatser längs med och intill vägen tar t.ex. en stor yta i anspråk. Den befintliga grönstrukturen kan också utformas så att den utnyttjas mer mångfunktionellt så att en effektiv dagvattenhantering kan utvecklas på platsen, samtidigt som platsen blir ett attraktivt stråk och en plats för människor.



Figur 70. Illustration över föreslagna åtgärder på de två större ytorna längst Nobelvägen.

DEN GRÖNA GATAN

Konceptet för Nobelvägen är att ett leda dagvattnet ner i vegetationsbäddar för att fördröja vattnet innan det når ledningssystemet. De två större ytorna längs Nobelvägen, se figur 70, har också möjlighet att sänkas ner och samla dagvatten vid kraftiga regn så att vattnet inte gör skada eller minskar framkomligheten kring Nobelvägen. Målet med utformningen för Nobelvägen

är att ge plats åt öppen dagvattenhantering utan att kompromissa med andra funktioner, som lekyta, sportyta, gångvägar och cykelvägar, se figur 70. För att platsen ska vara attraktiv i den utsatta situation som en hårt trafikerad gata utgör har också bullerdämpande åtgärder utformats. Genomsläpplig beläggning i annan färg har lagts mellan de två ytorna för att skapa en sammanhängande plats.

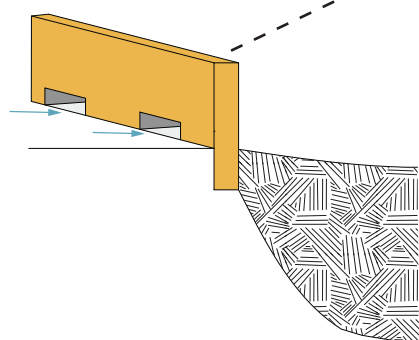
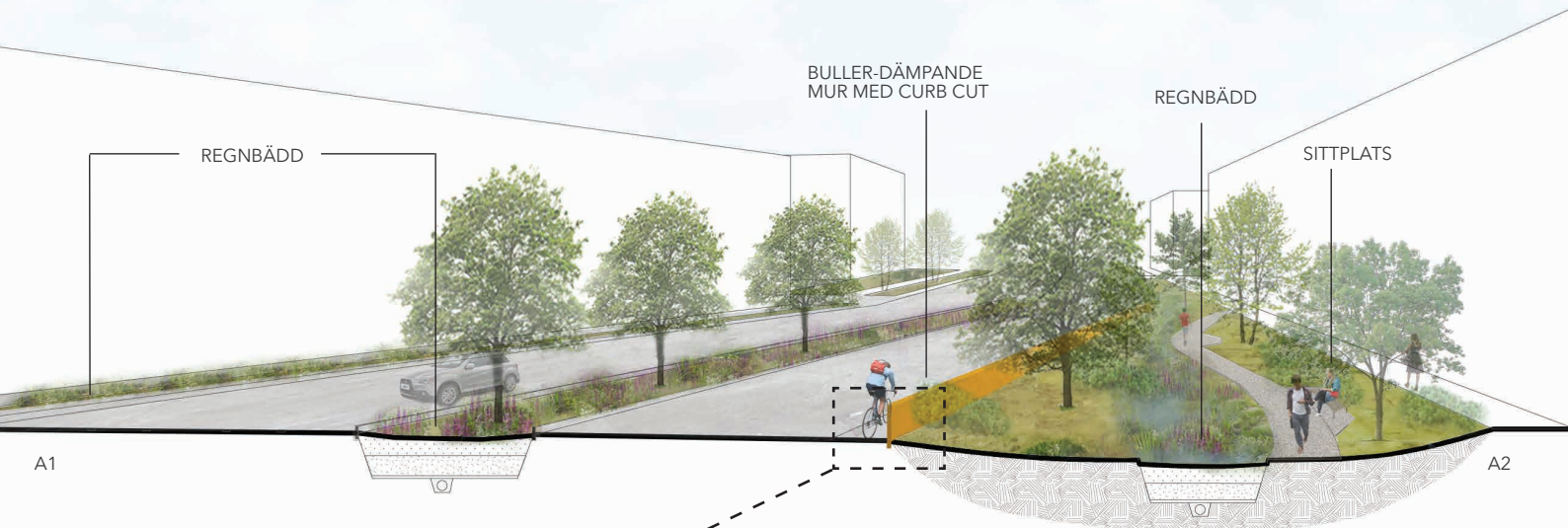
GÅNGSTRÅK OCH VEGETATIONSYTOR

För att dagvattnet ska kunna ledas till vegetationen har Nobelvägen fått en ny vägprofil som sluttar ner mot vegetationsytorna. Dessa ytor utgörs till stor del av regnbäddar, se figur 71, med syfte att både rena det förorenade trafikdagvattnet och samtidigt öka den fördröjande kapaciteten på platserna.



Figur 71. Föreslagen utformning för Nobelvägen.

Figur 72. Sektionsperspektiv över Nobelvägen i norrgående riktning vid mindre regn. Snittmarkering se figur 70.

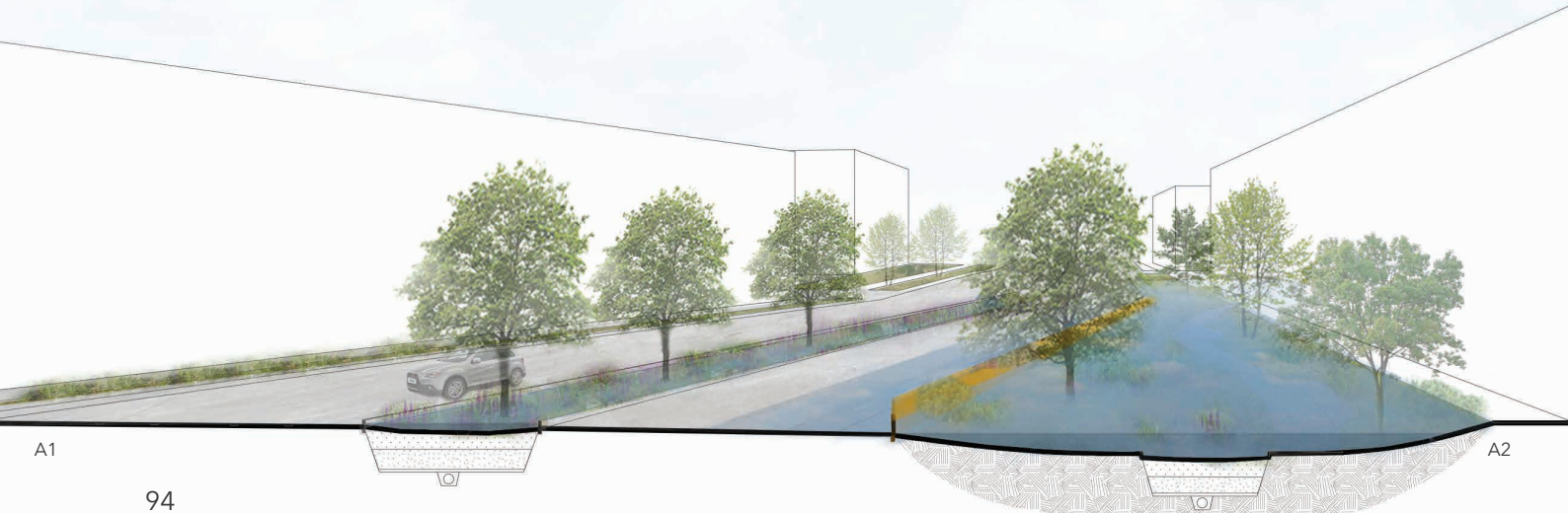


Figur 73. 'Curb cuts' innebär öppningar i kantstöd eller mur så att vattnet ska kunna ta sig igenom ner till vegetationsytorna.

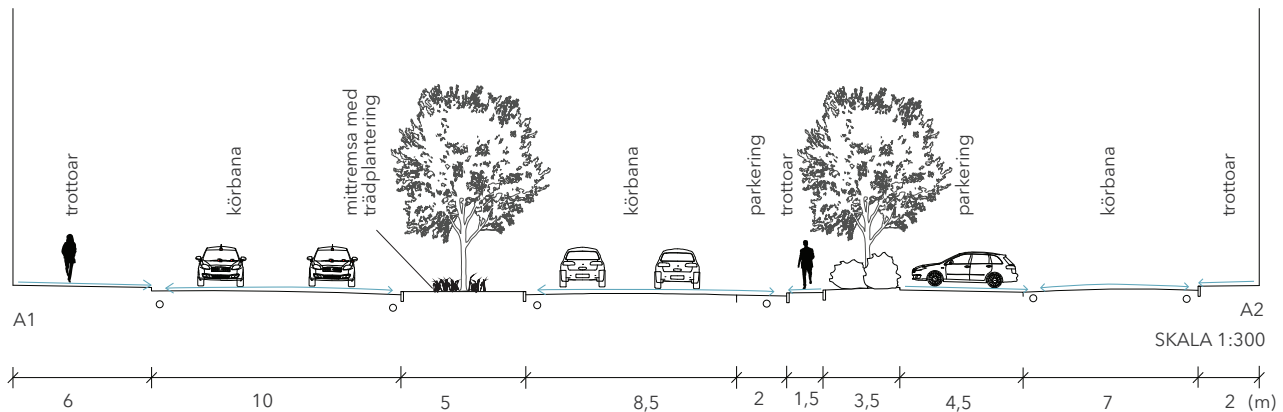
STRÅKET

Stråkets vegetationsbäddar är nedsänkta och utformade så att de kan fördröja dagvatten vid mindre regn, men också fungera som en tillfällig översvämningssyta vid större regn. Eftersom vägprofilen lutar in mot vegetationsytorna kan ett körfält översvämmas vid kraftiga regn, samtidigt som det andra körfältet fortfarande är körbart, se figur 74. För att kunna leda vattnet från körbanan ner i vegetationsytorna föreslås så kallade 'Curb cuts' längs vägkanterna, se figur 73. Vattnet från vägbanan rinner sedan över vegetationsytorna i ytterkanten där det filtreras så en del av föroreningar skiljs från dagvattnet. Därefter samlas vattnet i den lägsta punkten som utgörs av en regnbädd. I regnbädden fördröjs och renas vattnet ytterligare innan det leds vidare i ledningssystemet.

Figur 74. Sektionsperspektiv över Nobelvägen i norrgående riktning vid kraftigt regn.

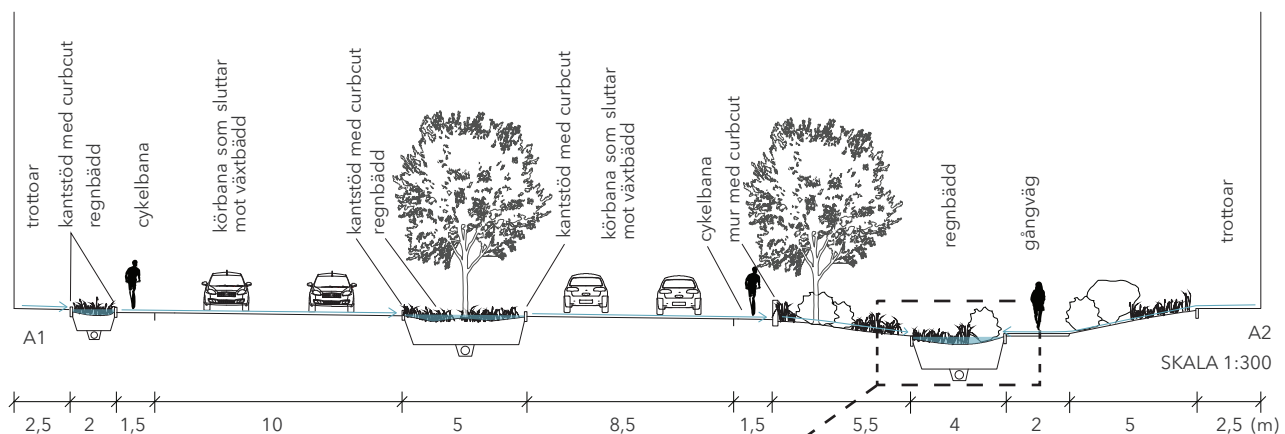


FÖRE, SEKTION A1-A2

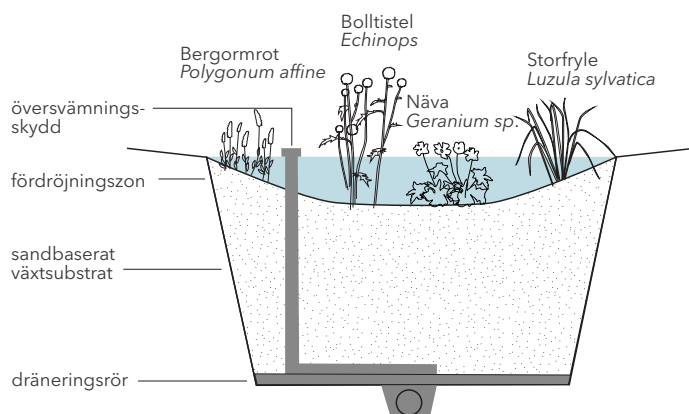


Figur 75. Idag leds dagvattnet till brunnar längst gatan.
För sektionspilar se figur 70.

EFTER, SEKTION A1-A2



Figur 76. I den föreslagna utformningen har körbanan fått
ny vägprofil som leder dagvattnet till vegetationsytor.
För sektionspilar se figur 70.

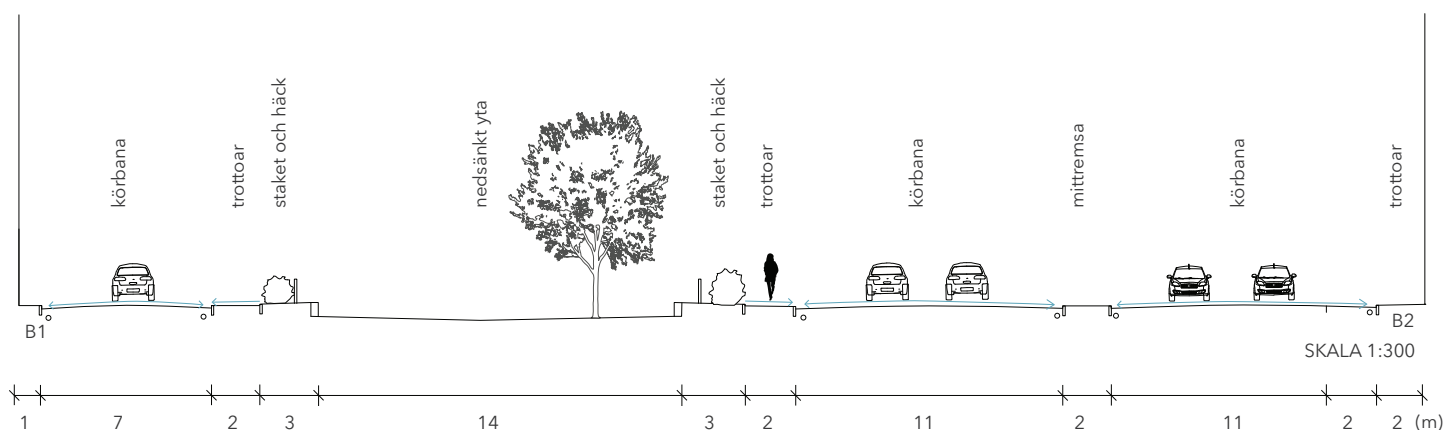


REGNBÄDD

En regnbädd är uppbyggd av ett dränerande sandlager som kan hålla en större mängd vatten än en vanlig växtbädd. När kapaciteten för regnbädden är nådd leds överskottsvatten vidare till ledningssystemet. Regnbäddens renande funktion består dels av filtrering av dagvattnet genom sandlagret, dels genom att växterna kan ta upp vissa föroreningar från dagvattnet.

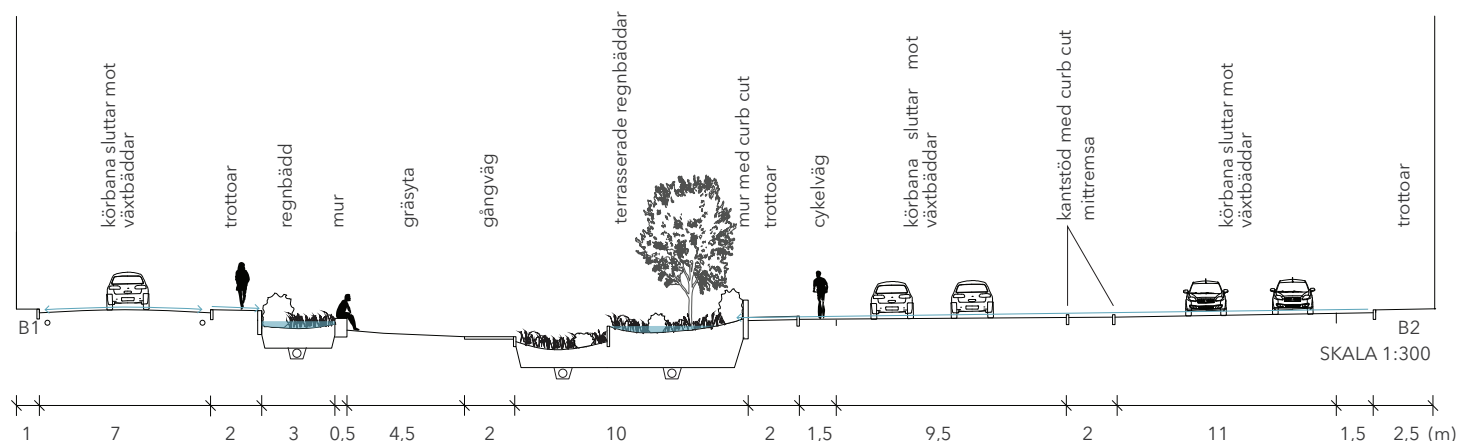
Figur 77. Uppbyggnad av regnbädd. Materialet i regnbädden är
torkad sand. (Fridell och Jergmo 2015, s. 6)

FÖRE, SEKTION B1-B2



Figur 78. Dagvattnet leds idag till brunnar längst gatan. För sektionspilar se figur 70.

EFTER, SEKTION B1-B2

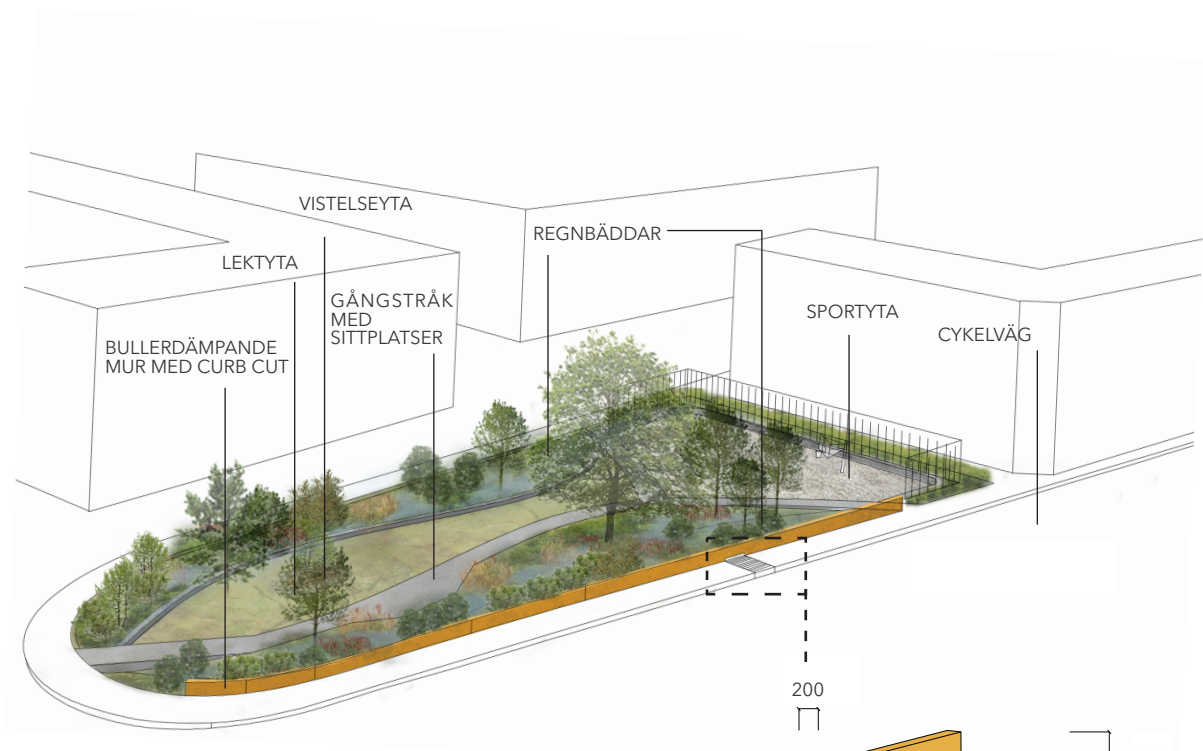


Figur 79. I den föreslagna utformningen har körbanan fått ny vägprofil som leder dagvattnet till fickparken där det tas omhand i regnbäddar placerade vid platsens ytterkanter. För sektionspilar se figur 70.

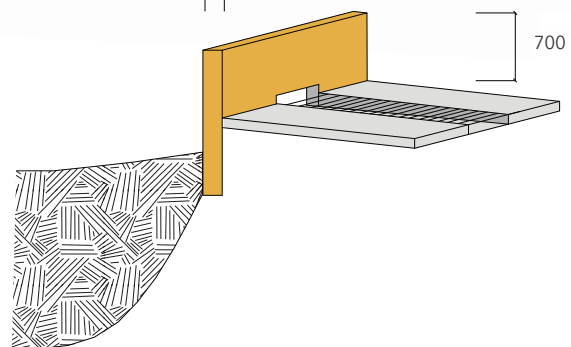
FICKPARKEN

I fickparken är fokus att ta hand om dagvattnet utan att kompromissa med andra viktiga funktioner. Förslaget ger plats åt cyklister, samt behåller de befintliga funktionerna, lek och sportyta, se figur 80. I ytterkanterna av fickparken har regnbäddar placerats. Syftet är att vid mindre regn fånga upp det förorenade trafikdagvattnet samtidigt som en vistelseyta sparas i mitten av platsen. För att hantera nivåskillnaden har regnbäddarna terrasserats längs

fickparkens västra sida och en lägre stödmur har placerats på den östra och södra sidan, se figur 79. Vistelseytan i mitten av platsen utgörs av en svagt sluttande gräsyta och ligger i anslutning till gångstråket som löper genom fickparken. I händelser av kraftiga regn kan hela fickparken fyllas med vatten och fungera som en tillfälligt översvämningssyta, se figur 82.



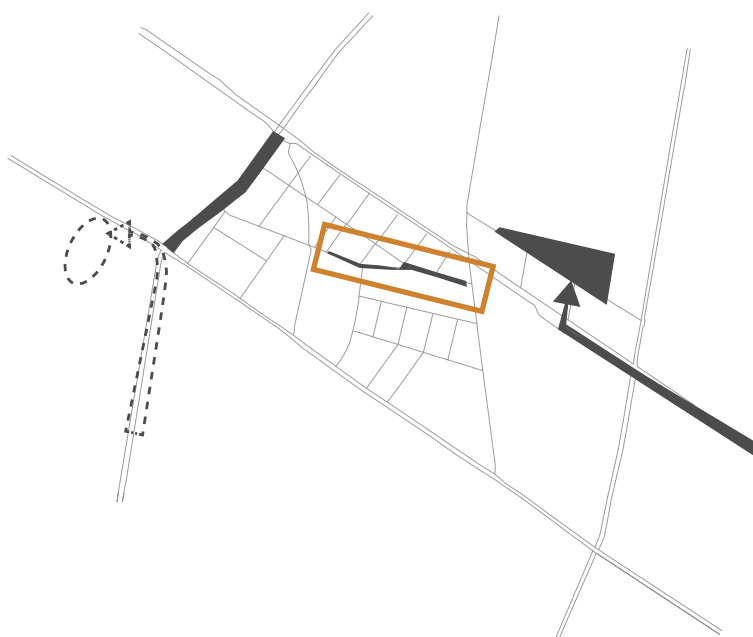
Figur 80. Fickparken vid mindre regn.



Figur 81. För att dagvattnet från körbanan ska kunna ledas ner till fickparken har trottoaren utformats med tvärgående rännor som leder vattnet genom öppningar i muren ner till växtbäddarna.



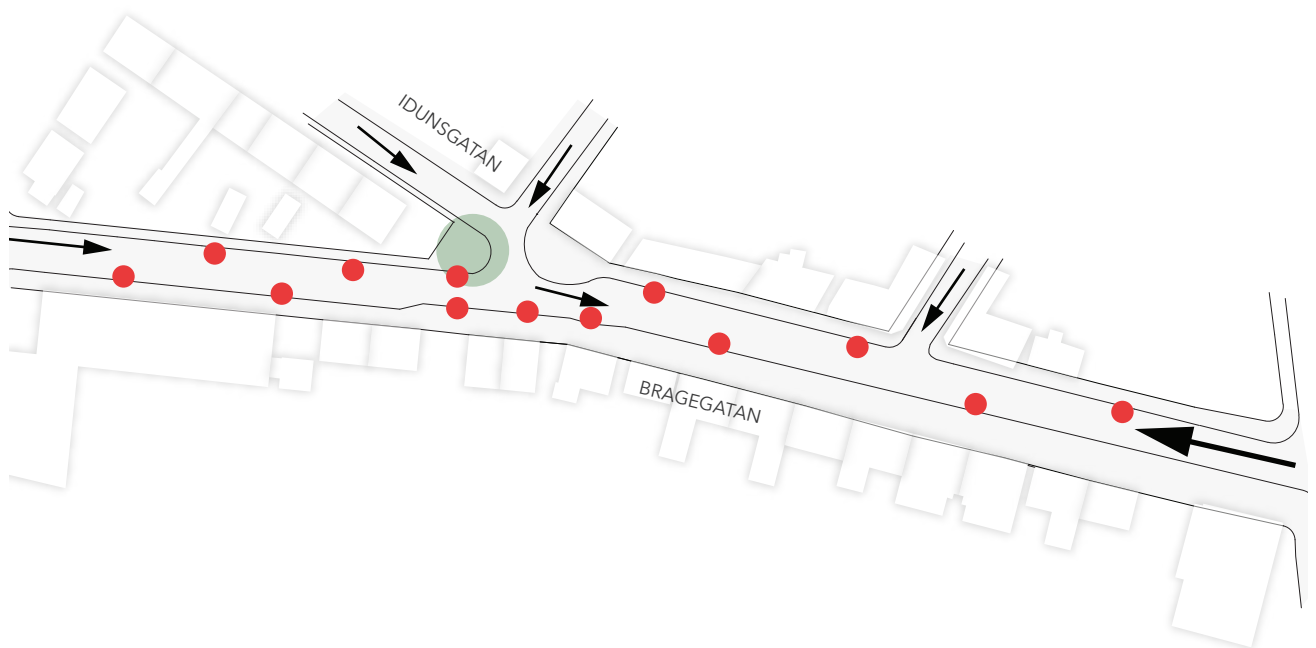
Figur 82. Fickparken vid kraftigt regn.



5.8 BRAGEGATAN

Bragegatan är en mindre lokalgata i Södra Sofielund. Gata kännetecknas av en tät, småskalig bebyggelse bestående mestadels av gathus med tillhörande trädgårdar. Längs hela Bragegatan finns möjlighet att parkera på båda sidor av gatan, förutom där utfarter från bostäder finns, se figur 84. De allmänna utrymmena utgörs till största del av hårdgjorda ytor, som gator och trottoarer. I korsningen Bragegatan/ Idungsgatan, finns två platsbildningar där trottoaren blir extra bred och pollare är placerade i ytterkanterna med syfte att hålla ner hastigheten, se figur 84. Vid dessa platsbildningar finns också gatans

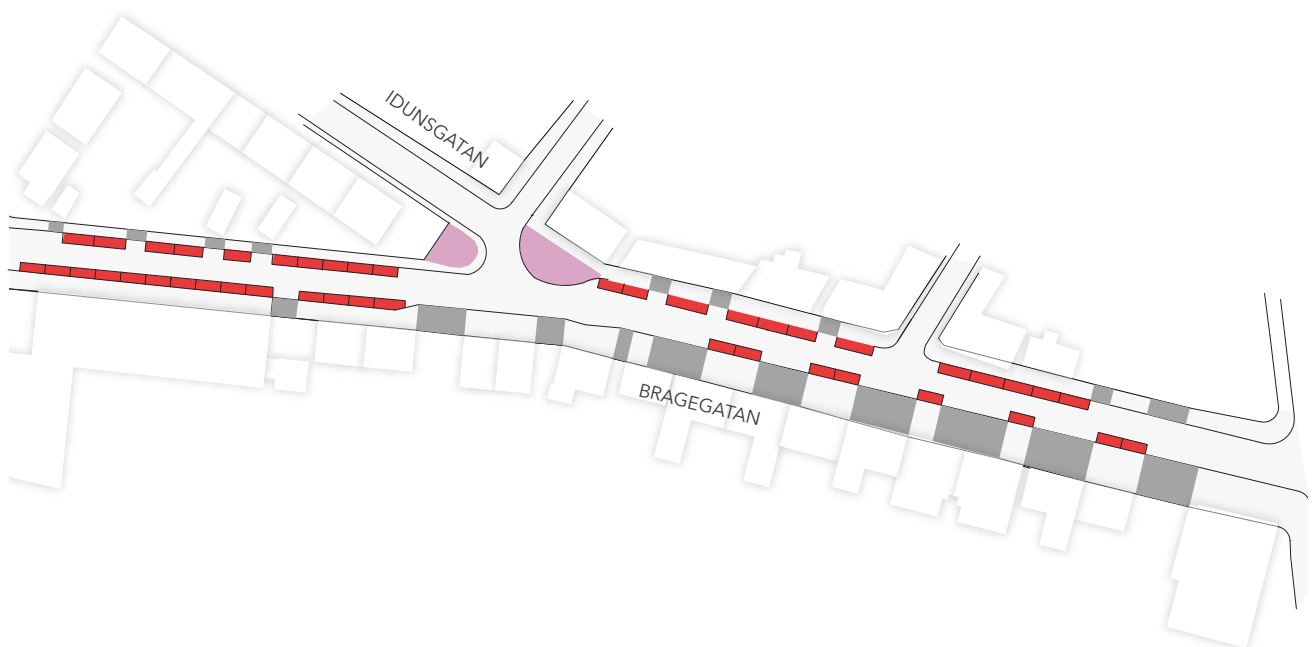
enda offentliga grönstruktur som utgörs av ett träd i hårdgjord yta, se figur 83. Då Bragegatan är en lågpunkt finns liten möjligheten att leda bort större regnmängder som rinner till gatan. På grund av detta har fastighetsägarna längst gatan vid flera tillfällen haft problem med översvämningar. Eftersom det allmänna utrymmet på Bragegatan är litet finns också liten möjlighet till större anläggningar av öppen dagvattenhantering. Idag har Bragegatan en traditionell dagvattenhantering, där dagvattnet leds direkt ner i brunnar utan att först fördröjas lokalt.




Figur 83. Bragegatan har en traditionell dagvattenhantering där dagvattnet leds direkt till brunnar längst gatan.




N 
SKALA 1:1500

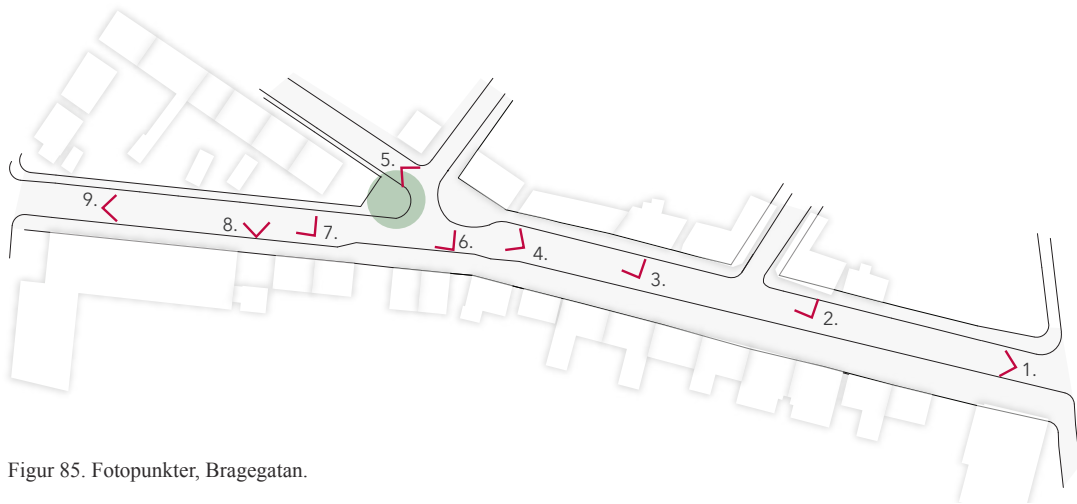
 BRUNNAR
 VATTENFLÖDEN



Figur 84. Där det inte finns utfarter från gathusen finns parkering längst gatan.

N 
SKALA 1:1500

 UTFARTER
 PLATSBILDNING
 PARKERING



Figur 85. Fotopunkter, Bragegatan.



1. Parkering finns längst gatan där det inte är utfarter från bostadshusen.



2. Längst Bragegatan finns till största del mindre gathus med privata trädgårdar på baksidan av husen.



3. Skötseln av vegetationen längst gatan är på flera tomter eftersatt.



4. I korsningen Bragegatan/ Idungsgatan blir trottoaren bredare och pollare har placerats i ytterkanterna för att hålla hastigheten nere.



5. Korsningen Bragegatan/ Idungsgatan är upphöjd med en plattbeläggning.



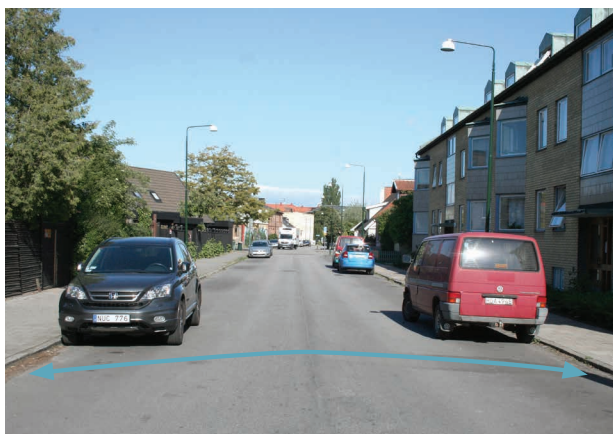
6. Den offentliga grönska som finns längst gatan är ett träd i korsningen Bragegatan/ Idungsgatan. Trädet står i hårdgjord yta utan möjlighet för dagvattnet att ledas dit.



7. Parkering längs båda sidor av gatan.



8. Längs vissa sträckor av Bragegatan skiljs de privata tomterna från gatan med ett svart, manshögt staket.



9. Lägre flerfamiljshus finns också inom området. Även här finns parkering längst båda sidor av gatan. Dagvattnet leds direkt till brunnar längst gatan.

SLUTSATSER AV ANALYSERNA

Eftersom gatan är en lågpunkt är möjligheterna att leda bort större regnmängder som kommer till platsen liten. Då Bragegatan är en mindre lokalgata är utrymmet att hantera dagvatten också begränsat. Utmaningen i denna typ av täta struktur är då att hitta de mindre mellanrummen med potential att hantera dagvatten, utan att begränsa framkomligheten och samtidigt behålla funktioner som t.ex. parkering nära bostaden och uppfarterna till fastigheterna.



Figur 86. Illustration över utformningen av regnbäddar längst Bragegatan/ Idungsgatan.

DEN GRÖNA LUCKAN

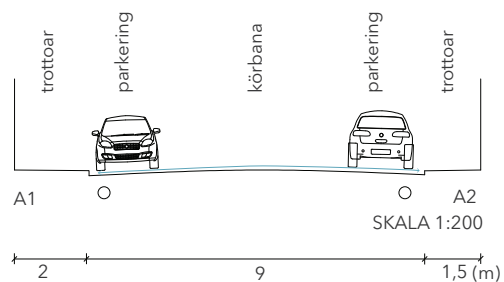
Eftersom Bragegatan ligger i en lågpunkt dit vatten rinner oavsett regnmängder syftar åtgärderna till att främst fördröja och rena vattnet innan det når ledningssystemet. I och med gatans struktur och oförmåga till att hantera större regnmängder ses dessa mindre åtgärder som ett komplement till Gullängen som är en större åtgärd för att minska översvämningens risk på Bragegatan. Längs gatan har antalet parkeringsplatser minskat till fördel för regnbäddar. Utrymmet längs gatan samt utfarterna från fastigheterna har väglett utformningen och placeringen av regnbäddarna. Även de bredare trottoarerna i korsningen

Bragegatan/ Idungsgatan innehåller regnbäddar och i anslutning till dessa regnbäddar har sittplatser adderats. För att ytterligare kunna fördröja dagvattnet innan det når ledningssystemet, samt att förstärka platsbildningen, läggs en genomsläpplig beläggning på vägbanan i korsningen. Genomsläpplig beläggning läggs också på båda sidor av gatan, se figur 87. Bragegatans föreslagna utformning bidrar även till en upprustning av gatan och ger gatan karaktär och möjlighet att fungera som en mötesplats.



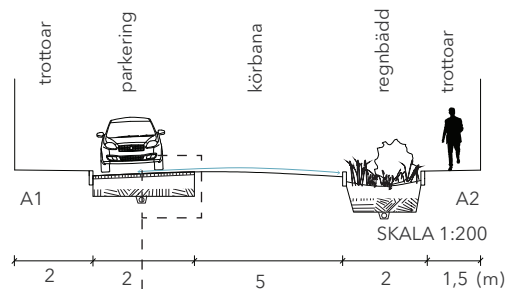
Figur 87. Föreslagen utformning längst Bragegatan.

FÖRE, SEKTION A1-A2



Figur 88. Idag leds dagvattnet direkt ner i brunnar på båda sidan av gatan.

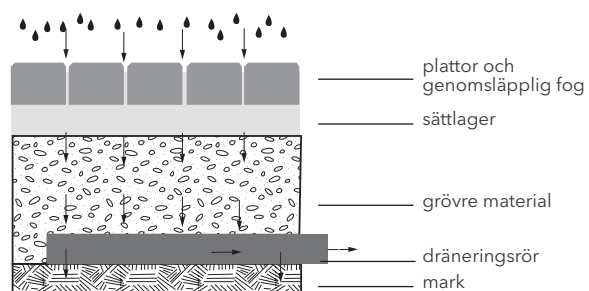
EFTER, SEKTION A1-A2



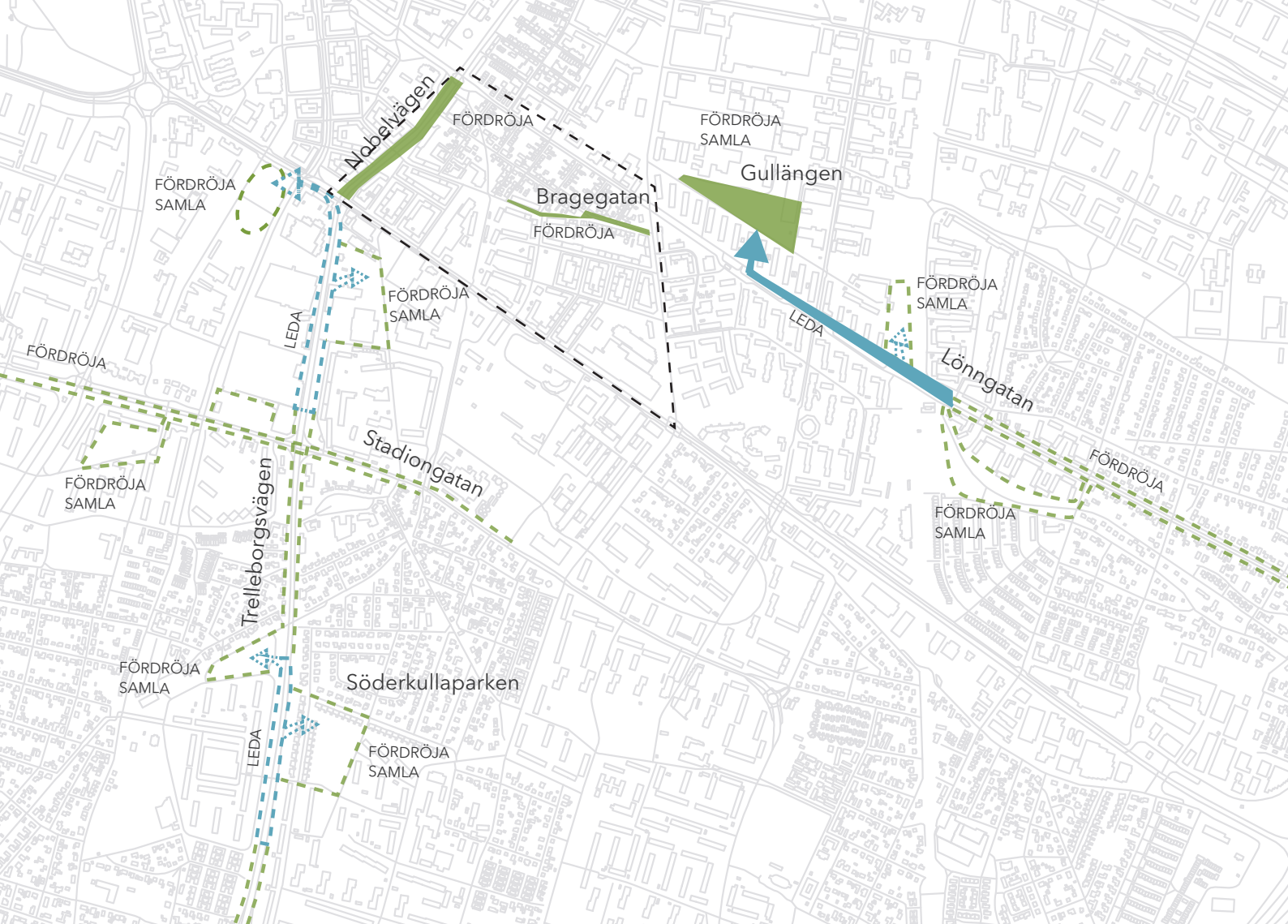
Figur 89. I förslaget utformas vägprofilen så att dagvattnet dels tas omhand i regnbäddar, dels genom genomsläpplig beläggning.

GENOMSLÄPPLIG BELÄGGNING

På grund av dess ofta ojämna yta fördröjer genomsläpplig beläggning ytvattnets avrinning. När vattnet sedan leds ner i beläggningen magasineras ett lager av grövre material vattnet innan det via dräneringsrör leds vidare till ledningssystemet.



Figur 90. Uppbyggnad av genomsläpplig beläggning. (Interpave 2010, s. 13)



Figur 91. Möjliga platser för åtgärder högre upp i Södra Sofielunds avrinningskedjan.

5. 9 SLUTSATSER AV ÅTGÄRDER

I utformningen av de valda platserna i Södra Sofielund har syftet varit dels att hitta det utrymme som kan omvandlas till gröna ytor, dels också utöka de befintliga gröna ytornas förmåga att samla och fördröja vatten. I analyserna av Södra Sofielund upptäcktes att de gröna ytorna ofta ligger högre än omgivande hårdgjorda ytor. I förslagen har därför ytor sänkts och vägprofiler förändrat för att leda dagvatten till vegetationen, med utgångspunkt i att behålla tillgängligheten på ytorna. Då vägar ofta leder stora vattenflöden har möjligheten undersökts att hantera dagvattnet längst och i anslutning till dessa strukturer i området. Vägar i staden har också stor föroreningsbelastning, vilket intensifierar behovet av rening av dagvatten som rinner på ytorna. Utformningen av åtgärder har väglett av platsernas möjlighet att

hantera olika regnmängder men också reningsbehovet. Sammanfattningsvis har utrymmet satt ramarna för vilka möjligheter till öppna lösningar som finns. Huruvida förslagen löser översvämningssproblematiken inom Södra Sofielund beror på regnmängd och regnintensitet. Tillsammans ger åtgärderna i Södra Sofielund området en större kapacitet och bättre förutsättningar att hantera större regn i framtiden, men vid kraftiga skyfall behövs troligtvis åtgärder sättas in längs hela avrinningskedjan. Detta är speciellt viktigt för ett instängt område som Södra Sofielund eftersom vattnet inte kan ledas bort. Att avleda dagvatten till ytor längre upp i avrinningskedjan skulle innebära att vattenflöden till lågpunkterna Nobelvägen och Bragegatan minskas, se figur 91.

6 DISKUSSION OCH REFLEKTION

6.1 SAMMANFATTANDE DISKUSSION OCH REFLEKTION

Målet med arbetet har varit att undersöka möjligheter till hur en större mängd dagvatten kan hanteras i befintlig miljö med utgångspunkt i att minska risken för översvämningar. För att undersöka möjligheterna har designförslag gjorts på tre platser i det översvämningsdrabbade området Södra Sofielund i Malmö. Syftet med arbetet har varit att få en större förståelse för den urbana dagvattenhanteringen och problematiken orsakad av kraftiga regn.

Den samlade kunskapen ifrån fallstudien, litteraturstudien och förslaget har gett oss en förståelse för stadens komplexitet när det kommer till urban dagvattenhantering och problem relaterade till översvämningar. Orsakerna till dagens översvämningsproblematik beror till stor del på urbaniseringen och samhällets tilltro till tekniska lösningar när det kommer till att hantera en mer och mer komplex urban miljö. En tillbakablick i historien visar att utvecklingen av den urbana vattenhanteringen främst har baserats på tekniska lösningar för att tillgodose ökade behov men också för att möta problem som uppstått i och med urbaniseringen, som sanitära missförhållanden, föroreningar och översvämningar.

Utvecklingen av urban vattenhantering baserad på tekniska lösningar går att enligt Picon (2005) förstå genom att ingenjörskonsten traditionellt sett varit grundad i distinktionen mellan det naturliga och det artificiella där den urbana vattenhanteringen ansetts tillhöra den artificiella sfären. Utvecklingen av ledningssystemet i kombination med ökad mängd hårdgjord yta har gjort att vattnets naturliga processer som rening, dränering och infiltrering kraftigt minskat i många städer. Detta har gjort att samhällen idag är djupt beroende av ledningssystemet och reningsverk när det kommer till dagvattenhanteringen. Även om det tekniska

ledningssystemet genom historien löst många av de problem och utmaningar som urbaniseringen medfört finns idag en insikt om ledningssystemets begränsningar när det kommer till hanteringen av kraftiga regn.

Som diskuteras i kapitel två har utvecklingen av ledningssystemet kopplat bort markanvändningen från vattnets naturliga avrinningsområden. Malmö utgör ett exempel på hur detta idag skapar problem vilket visade sig under skyfallet som föll över staden den 31 augusti 2014. De värst drabbade områdena ligger längst stadens numera kulverterade diken; en struktur i landskapet som negligerats under urbaniseringen. Att snabbt leda bort dagvatten genom ledningssystemet gör också att vattnet som en resurs för grönstrukturen minskat i staden. I undersökningarna av Malmö blev detta tydligt då dagvattnet leds direkt ner i brunnar och vegetationen ligger högre än omgivande mark.

Som diskuteras i kapitel två, kan det urbana landskapet beskrivas ha en hybrid natur som är formad av både mänskligt skapade system och naturliga processer. Staden är således en del av naturen och detta bör enligt Whiston Spirn (2011) också påverka designen av det urbana landskapet. Whiston Spirn (2011) menar att ett större fokus därför bör ligga på hur den urbana formen kan anpassas till naturliga processer. Detta är också något som återkommer i litteraturen om hållbar dagvattenhantering där öppna lösningar i stadsmiljön syftar till att ge en större plats för vattnets naturliga processer som de såg ut innan urbaniseringen.

För att kunna ge plats åt vattnet krävs också en utvärdering av ytors potential till att hantera dagvatten jämsides andra viktiga funktioner i staden. Ett mångfunktionellt landskap

där ytor utför fler funktioner och ger fler fördelar kan producera en större mängd sociala, miljömässiga och ekonomiska fördelar än vad som annars varit möjligt (Madueira and Andersen 2014). Detta har också varit en utgångspunkt för utformningen av platserna inom Södra Sofielund.

Att med större detaljering undersöka potentialen att integrera öppna dagvattenlösningar i Södra Sofielund gav oss insikten att det är svårt att endast tänka i termer av stora ytkrävande lösningar med målet att hantera skyfall. I den täta staden där utrymmet är begränsat finns det inte alltid möjlighet att integrera stora öppna lösningar. Under workshopen ”Innovativa Dagvattenlösningar” påpekades att fler mindre lösningar tillsammans kan minska risken för översvämningar. Detta gav oss insikten om att flera olika lösningar bör kombineras i den mån det är möjligt för att få så optimal effekt som möjligt vilket också utgjorde grunden för konceptet för Södra Sofielund där platserna valdes i syfte att tillsammans ge en god effekt vad gäller avlastningen av ledningsnätet. Dock är det inte alltid öppna lösningar som är att föredra eller ens möjligt att åstadkomma i den befintliga miljön. Där det råder platsbrist eller hårt exploateringsstryck kan underjordiska lösningar som magasin men även ökad dimensionering av ledningssystem ge en större kapacitet när det kommer till att minska risken för översvämningar än vad öppna lösningar hade gjort. Hållbar dagvattenhantering som det är definierat av Stahre (2004) i kapitel fyra, innebär ofta en kombination av öppna lösningar och traditionella lösningar under mark.

För att hantera kraftiga skyfall i den befintliga miljön ger dock öppna lösningar, till skillnad från ledningssystemet, en större flexibilitet och förmåga att anpassa sig till ökad

nederbörd i framtiden. Öppna lösningar bidrar på så vis till ökad resiliens i samhället. Detta visar sig också i en utvärdering av öppna dagvattenlösningar i bostadsområdet Augustenborg i Malmö, gjord av tidningen Vatten (2014). Augustenborg var tidigare översvämningsdrabbat men där åtgärderna som vidtagits i form av öppna dagvattenlösningar gjort att området klarade sig bra under skyfallet den 31 augusti 2014.

Under arbetets gång har vi förstått att översvämningsproblematiken är komplex. I undersökningen av problemen i Malmö studerades en skyfallsmodelleringskarta baserad på topografisk information och som är ett underlag som syftar till att visa vilka områden som blir mest drabbade vid kraftiga regn. Dock visade sig problematiken i Malmö vara mer komplex än så. Våra efterforskningar visade att områden i staden påverkar varandra både genom ledningsnätet under mark men också genom vattnets avrinningskedja ovan mark. Staden är således ett sammanhängande system när det kommer till dagvattenhantering. Denna komplexitet visar på att en helhetsförståelse för problematiken är nödvändig för att veta vart åtgärder gör mest nytta. I samtal med VA SYD framkom att det inte alltid är i de mest utsatta lågpunkterna som åtgärder bör sättas in. I vissa fall bör preventiva åtgärder sättas in längre upp i avrinningskedjan för att minska vattenflödena ner till lågpunkterna.

6.2 REFLEKTION ÖVER LANDSKAPS- ARKITEKTENS ROLL

Eftersom det urbana landskapet är komplext i den bemärkelsen att det består av sociala, ekonomiska och ekologiska system krävs en bred förståelse för de utmaningar som finns i det urbana landskapet idag. I utbildningen skolas landskapsarkitekter till att i designarbetet söka en bred kunskap om förutsättningar och möjligheter i utformningen av urbana miljöer. Detta sökande arbetsätt gör att landskapsarkitekter inte sällan söker sig över discipliner för att förstå utmaningar relaterade till det urbana landskapet. Detta är också ett tillvägagångssätt vi tillämpat i detta arbete.

Landskapsarkitekter har således ofta en förståelse för stadens komplexitet vilket är en viktig kompetens när det kommer till att hantera komplexa utmaningar som att integrera öppna dagvattenlösningar i den urbana miljön. För att uppnå optimala lösningar krävs dock en större kunskap om ledningssystem, dimensionering av dagvattensystem, infrastruktur under mark, detaljerad växtkunskap etc. Denna insikt har stärkt vår förståelse för att olika discipliner måste samarbeta för att tillsammans skapa hållbara lösningar.

Att ett samarbete mellan olika discipliner är nödvändigt, men också att detta samarbete idag måste stärkas är reflektioner vi gjorde efter att ha deltagit i konferensen *Vattnet stänger staden* och workshopen *Innovativa dagvattenlösningar*. På både konferensen och workshopen blev det tydligt att varje yrkeskategori som på ett eller annat sätt är kopplade till vattenfrågor, såg dagvattenhanteringen utifrån sin yrkesroll och fokuserade på begränsningar och lösningar relaterade till denna. Det blev också tydligt under konferensen att varje förvaltning inom kommunen arbetar med sina specifika frågeställningar relaterade till sitt ansvarsområde. Hållbar

dagvattenhantering berör flera förvaltningar inom kommunen och för att kunna implementera optimala lösningar krävs en bättre samverkan. I arbetet med att ta fram en skyfallsplan har initiativ tagits till förvaltningsöverskridande samarbete inom Malmö stad.

6.3 REFLEKTION ÖVER METOD OCH ARBETSPROCESS

Vid arbetets början hade vi inget givet område att arbeta med. Därför föll valet av metod på design research med en kvalitativ litteraturstudie och fallstudie som delar i arbetet, med syfte att undersöka var och vad som kan göras för att hantera översvänningsproblematiken i den befintliga miljön. Design research öppenhet för att arbeta parallellt med flera "mind-sets" har medgett en process som gett både en helhetsförståelse och kunskapsdjup. Dock har vår vilja att förstå ämnets komplexitet varit tidskrävande och inneburit svårigheter till avgränsning i arbetet.

Tidigt under arbetets gång insåg vi att de analyser som kommunen hittills tagit fram var i en första fas av bearbetning och därför skulle ge en generell bild av förutsättningarna för arbetet. Den knappa tillgången på information och analyser från Malmö stad drev oss i riktning att fortsätta förstå problemets komplexitet. Arbetet har också krävt ett mer detaljerat sökande av hur t.ex. ledningssystemet fungerar.

Från början var ingången att göra principlösningar i flera olika områden i Malmö för att visa på strategier för hur dagvattenhanteringen kan utformas för att hantera kraftiga regn. Detta resulterade i fältstudier varvat med studier av topografiska kartor över vattenflöden. Detta gav oss kunskap om hur vattnet rinner på ytan och vart

det är möjligt att avleda dagvatten vid kraftiga regn. Trots områdenas olika karaktärer kom vi fram till liknade strategier för alla områdena när vi skissade på lösningar för större regnmängder. Den enkla förklaringen är att alla de områden som drabbas värst är lågpunkter där vattnet inte kan ledas bort.

En ambition har också funnits hos oss att undersöka hur öppna lösningar kan integreras med andra funktioner i den täta staden. Vi behövde gå ner i detalj för att förstå vilka ytor vi skulle kunna ta i anspråk och hur lösningarna skulle kunna bli mångfunktionella. Valet föll då på att vidare undersöka förutsättningarna inom Södra Sofielund.

Som beskrivs ovan har vi under arbetets gång varit i kontakt med Malmö stad för att få tillgång till information om översvämningsproblematiken i Malmö. Dessvärre har vi inte haft möjlighet att återkoppla till kommunen för att diskutera arbetet tillsammans med tjänstemän inom Malmö stad.

6.4 FORTSATTA STUDIER

Under arbetets gång har vi stött på ett angreppssätt kring vattenhantering, där olika vattenkvaliteter tas om hand lokalt. Det har då handlat om att återanvända och att återvinna vatten, både dagvatten men också så kallat gråvatten. Gråvatten är vatten som kommer från t.ex. duschar och diskmaskiner och har en kvalitet som nödvändigtvis inte behöver den typ av rening som reningsverk erbjuder. Detta vatten kan återanvändas som en resurs för olika typer av ändamål. Att ta ett större holistiskt perspektiv kring det urbana vattnet och återanvända det beroende på kvalitet kan vara ett uppslag för vidare studier.

Ett annat uppslag hade varit att utgå från vägstrukturen i staden och hur denna struktur kan utformas för att ha fler funktioner. När det kommer till dagvatten är vägar viktiga i den bemärkelsen att de ofta leder de större vattenflödena vid kraftiga regn och när ledningssystemet är fullt. I arbetet har vi upptäckt en svårighet i att veta hur mycket vägar kan förändras och omgestaltas med tanke på trafikflöden och trafiksäkerhet. Att övergripande studera vägnätet i staden och olika vägstrukturers utformning och möjligheter till att få fler funktioner som att också fördröja, leda och rena dagvatten är ett ämne för fortsatta studier.

Vi har under arbetets gång stött på *Critical Design* som är ett designpraktik som syftar till att lyfta problem snarare än att lösa dem. Ett utforskande och praktiskt skissande med målet att kommunicera utmaningar kopplade till vattenhanteringen i staden samt samhällets beroende av denna skulle också kunna utgöra ett uppslag för vidare designarbete.

KÄLLFÖRTECKNING

Tryckta källor

- Brandt, J. Vejre, H. (2004) *Multifunctional Landscapes vol.1: Theory, Values and History*. Wit Press, Southampton
- Brundtland, G. H., et al., and World Commission on Environment and Development (1987), *Our common future*, New York: Oxford University Press.
- Butler, D. Davies, J.W. (2004) *Urban drainage*. MPG Books Ltd, Bodmin
- Dreiseitel, H (1999) The role of water in our cities. I Rowney, A. C., Stahre, P., Roesner L. A. *Sustaining urban water resources in the 21st century*. American society of civil engineers, USA, s. 25- 29
- Hernebring, C. et al. (2015) *Skyfallet i sydvästra Skåne 2014-08-31. Fokuserat mot konsekvenser och relation till till regnstatistik i Malmö*. I Vatten- Tidskrift för Vattenvård Årgång 71, Nr 2, 2015
- Lidström, V. (2013) *Vårt Vatten. Grundläggande lärobok i vatten- och avloppsteknik*. Svenskt Vatten, Stockholm
- Mossop, E. et.al, ed. Waldheim, C. (2006) *The landscape urbanism reader*. Princeton Architectural Press, New York
- Novotny, V. Ahern, J. Brown, P. (2010) *Water Centric Sustainable Communities- Planning, retrofitting and building the next urban environment*. John Wiley and Sons Inc., New Jersey
- Patel, R., Davidson, B. (2003) *Forskningsmetodikens grunder. Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Studentlitteratur, Lund
- Picon, A. (2005) *Constructing Landscape by Engineering Water*. I ETH Institute for LandscapeArchitecture. *Landscape Architecture in Mutation*. Gta Verlag, Zurich, s. 99-114
- Stahre, P. (2004) *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering*. Svenskt Vatten. Ljungbergs tryckeri, Klippan
- Svenskt Vatten (2011) *Hållbar dag- och dränvattenhantering- Råd vid planering och utformning*. Publikation P105, 1 utg. (2011). Svenskt Vatten, Stockholm
- Persson, K. M. Persson, B. L., Ohlsson, E. Stahre, P. (2007) *Den törstande staden*. Ohlsson och Winnfors AB, Örebro

University of Arkansas Community Design Center (2010). *LID Low impact development*. Fay Jones school of architecture university of Arkansas press, Fayetteville Arkansas

Walker, B. Salt, D. (2012). *Resilience practise. Building capacity to absorbe disturbance and maintain function*. Island Press

Elektroniska källor

Adresen, T., Madureira, H. (2014) Planning for multifunctional urban green infrastructures: Promises and challenges. *Urban design international*, Vol. 19, 1, s. 38–49 [online] Tillgänglig via: https://www.researchgate.net/publication/262945325_Planning_for_multifunctional_urban_green_infrastructures_Promises_and_challenges [2015-08-20]

Ahern, J. F. (2012) Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape ecology*, Vol 27 Nr 6, [online] Tillgänglig via: https://www.researchgate.net/profile/Jack_Ahern/publication/257616980_Urban_landscape_sustainability_and_resilience_The_promise_and_challenges_of_integrating_ecology_with_urban_planning_and_design/links/00b49539da8cc4f9ef000000.pdf [2015-08-20]

Ahlman, S. (2011) *Plan B- hantering av översvämningar i tätorter vid extrema regn. Metodik och tillämpning*. Svenskt Vatten, Publikationer online, Tillgänglig: http://vav.griffel.net/filer/Rapport_2011-03.pdf [2015-05-05]

Boverket (2010) *Mångfunktionella ytor. Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönsstruktur*. Publikationer online, Tillgänglig via: http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf [2015-08-20]

Brandt, J., Tress, B., and Tress, G. (2000) *Multifunctional landscapes: Interdisciplinary approaches to landscape research and management*. – Conference material for the conference on “multifunctional landscapes”, Centre for Landscape Research, Roskilde, October 18-21, 2000, s. 5. [online] Tillgänglig via: http://labs.bio.unc.edu/White/Reprints/Jentsch_White_DenmarkAbstract.pdf [2015-08-20]

Digman, C., Ashley, R., Balmforth, D., Balmforth, D., Stovin, V. Glerum, J. (2012) *Retrofit to manage surface water*. Ciria, Publikationer online, Tillgänglig via: http://www.ciria.org/Resources/Free_publications/Retrofitting_manage_surface_water.aspx [2015-05-05]

Folke, C. (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global environmental change* 16: s. 253- 267 [online] Tillgänglig via: <http://chave.ups-tlse.fr/BEE/papiers/folke-gec06.pdf> [2015-08-20]

Fratini, C.F., Geldof , G.D., Kluck, J., Mikkelsen, P.S. (2012) Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: A tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality, *Urban Water Journal*, 9:5, s. 317-331, [online] Tillgänglig via: <http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2012.668913> [2015-03-05]

Fridell, K., Jergmo, F. (2015) *Regnbäddar; biofilter för behandling av dagvatten*. Movium magasin. Nr. 2 s. 4-12, Publikationer online, Tillgänglig via: http://www.movium.slu.se/system/files/news/11238/files/movium_fakta_2-2015_rangbaddar-slutlig.pdf [2015-05-05]

Hernebring C, Mårtensson E. (2015) *Pluviala översvämningar; Konsekvenser vid skyfall över tätorter- En kunskapsöversikt. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap*, Publikationer online, Tillgänglig via: <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26609.pdf> [2015-05-21]

Interpave, the precast concrete paving and kerb association (2010) *Permeable pavements. Guide to the design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements*. Publikationer online, Tillgänglig via: <http://www.marshalls.co.uk/dam-svc/AssetStore/Interpave-Permeable-Pavements-6434.pdf> [2015-11-23]

Københavns Kommune (2012) *Københavns kommunes Skybrudsplan 2012*. Publikationer online, Tillgänglig via: http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1018_19HA0rd2PF.pdf. [2015-08-17]

Malmö stad (2008) *Dagvattenstrategi för Malmö*, Publikationer online Tillgänglig via: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Dagvattenstrategi> [2015-05-05]

Malmö stad (2014) *Översiktsplan för Malmö. Planstrategi*. Malmö: Malmö stad kommunfullmäktige. Publikationer online, Tillgänglig: http://malmo.se/download/18.5bb0a05f145db1bc43d6ac4/1401438553855/OP2012_planstrategi_antagen_140522.pdf [2015-05-05]

Mascarenhas Flavio C.B.; Miguez M.G; Magalhaes L.P.; Prodanoff J.H. (2007) *Comparison of different multifunctional landscapes approaches for flood control in developing countries*. Conference papers of 6th International Conference on sustainable techniques and strategies for urban water management, Novatech 2007, [online] Tillgänglig: <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/25178> [2015-08-20]

Moberg, F., Simonsen, S.H. (2011) *What is resilience? An introduction to social-ecological research*. Stockholm Resilience Centre, Stockholm university. Publikationer online, Tillgänglig via: http://stockholmresilience.org/download/18.2f48c3c31429b6ad0a61cde/1388130768344/SRC_whatisresilience__sida.pdf [2015-05-05]

Naturvårdsverket (2014) *Synen på ekosystemtjänster- begreppet och värdering*. Publikationer online, Tillgänglig via: <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/8700/978-91-620-8725-8/> [2015-08-17]

O'Farell, J. och Anderson, P. (2010) *Sustainable multifunctional landscapes: A review to implementation. Current opinion in environmental sustainability*, 2(1-2) s. 59-65, [online] Tillgänglig via: http://www.mscgeoinf.uni-jena.de/fileadmin/Geoinformatik/Lehre/SoSe_2013/GEO412/Literatur/Ecosystems_Biodiversity_MEA/ESF_and_ESS/Multifunctional_Landscapes/Sustainable_multifunctional_landscapes_2012.pdf [2015-08-20]

Rezende1, O.M., Carneiro1, P.R., Miguez, M.G. (2011) *Sustainable stormwater management: use of multifunctional landscapes in urban drainage for flood control*. Conference material to 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 11-16 September 2011, Tillgänglig via: http://www.aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2012/03/OMR_12_ICUD_Artigo-vlight.pdf [2015-08-20]

SMHI (2014-12-08) [Hemsida] *Klimatförändringar i Sverige och världen i ny svensk rapport*. Tillgänglig via: <http://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/klimatforandring-i-sverige-och-varlden-i-ny-svensk-rapport-1.81497> [2015-05-24]

SMHI (2015-06-11) [Hemsida] *Återkomsttider för extremt väder*. Tillgänglig via: <http://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/statistik-och-data/aterkomsttider-for-extremt-vader-1.14134> [2015-05-24]

SMHI (2015-07-28) [Hemsida] *Nederbördsintensitet*. Tillgänglig via: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/nederbordsintensitet-1.19163> [2015-05-24]

SMHI (2014-09-02) [Hemsida] *Extremt kraftigt regn över Malmö*. <http://www.smhi.se/nyhetsarkiv/extremt-kraftigt-regn-over-malmo-1.77503> [2015-05-20]

Stockholm Stad (2003) *Ta hand om ditt vatten*. [Broschyr] Tillgänglig via: http://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/miljowebb/ta_hand_om_ditt_vatten.pdf [2015-08-23]

Stahre, P. (2008) *Blue Green fingerprints in the city of Malmö*. Tillgänglig: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Avlopp-Dagvatten> [2015-04-14]

Stokman, A. (2008) Water purificative landscapes – Constructed ecologies and contemporary urbanism. I Kuitert, Wybe. *Transforming with water*. Proceedings of the 45th World Congress of the International Federation of Landscape Architects IFLA 2008, Blauwdruk/ Techne Press, Wageningen, s. 51-61, [online] Tillgänglig via: http://www.academia.edu/2369268/Water_purificative_landscapes_constructed_ecologies_and_contemporary_urbanism [2015-08-20]

Svenskt Vatten (2007) *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. Svenskt Vatten, Publikationer online, Tillgänglig: [http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/Dricksvatten/Rapporter/Svenskt%20Vatten%20Meddelande%20M134%20\(September%202007\).pdf](http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/Dricksvatten/Rapporter/Svenskt%20Vatten%20Meddelande%20M134%20(September%202007).pdf) [2015-08-18]

Svenskt Vatten (2013) *Vattenvisionen- forsknings- och innovationsagenda för vattensektorn*. Svenskt Vatten, Publikationer online, Tillgänglig via: <http://www.svensktvatten.se/PageFiles/3275/Vattenvisionen%20slutversion.pdf> [2015-08-18]

Sydsvenskan (2014-09-04) [Hemsida] *Tusentals skadade hus efter skyfall*. <http://www.sydsvenskan.se/malmo/tusentals-skadade-hus-efter-skyfall/> [2015-05-21]

Sydsvenskan (2014-09-11) [Hemsida] *Nota för skyfallet en kvarts miljard*. (<http://www.sydsvenskan.se/malmo/nota-for-skyfallet-en-kvarts-miljard/>) [2015-05-21]

VA Syd (2008) *Ekostaden Augustenborg- en dagvattenvandring*. [Broschyr] Tillgänglig via: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Avfall/Ekostaden-Augustenborg>. [2015-06-05]

VA Syd (2009) *Åtgärdsplan för Malmö Avlopp*. Publikationer online, Tillgänglig via: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Sjalvservice/Informationsmaterial-om-Vatten-och-avlopp> [2015-08-20]

VA Syd. (2011) *Bortkoppling av stuprör*. [Broschyr] Tillgänglig via: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Sjalvservice/Informationsmaterial-om-Vatten-och-avlopp>. [2015-08-23]

Whiston Spirn, A. (2011) *Ecological Urbanism- A Framework for the Design of Resilient Cities*. I Pickett, S., Cadenasso, M., McGrath, B. (2011) *Resilience in Ecology and Urban Design*, Springer Verlag, [online] Tillgänglig via: http://annwhistonspirn.com/pdf/spirn_ecological_urbanism-2011.pdf [2015-08-20]

Woods- Ballard B, Kellagher R, Martin P, Jefferies C, Bray R, Shaffer P. (2007) *The SuDS Manual*, Ciria, Publikationer online, Tillgänglig via: http://www.ciria.org/Resources/Free_publications/the_suds_manual.aspx [2015-08-27]

Wikipedia (2014-12-19) [Hemsida] *Skybruddet den 2 Juli 2011*. https://da.wikipedia.org/wiki/Skybruddet_den_2._juli_2011. [2015-05-21]

Opublicerade källor

DHI (2014) *Skyfallsmodulering Malmö*. Opublicerat manuskript, Malmö Stadsbyggnadskontor

Svensk vatten (2014) *Avledning av spill-, drän- och dagvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. Publikation P110, 1 utg. Opublicerat manuskript, Svenskt Vatten, Stockholm

Muntliga källor

Susanne Steen Kronborg, VA Syd, möte (2015-02-20), mailkorrespondens (2015-03-31)
kunskap om ledningssystemet, samt information var problemen med översvämningar är som värst

Kristina Hall, VA Syd, mailkorrespondens (2015-05-06)
diskussion kring dagvattenhantering i Sofielund

Stefan Milotti, VA Syd, mailkorrespondens (2015-04-30)
Stefan mailade oss karta över de gamla dikenas sträckning i Malmö

Tor Fossum, Malmö stads Stadsbyggnadskontor, möte (2015-03-02)
Hjälp med analysmaterial och översvämningssimulering i inre delarna av Malmö

Malin Backman, Malmö stads Stadsbyggnadskontor, möte (2015-03-30)
den övergripande planeringen kring vattenplanen och skyfallsplanen

Anders Nilsson, Malmö stads Gatukontor, mailkorrespondens (2015-03-15)
Gatukontoret då de ansvarar för allmän platsmark i Malmö samt information angående Malmö stads skyfallsplan

Karin Nilsson, Malmö stads Gatukontor, mailkorrespondens (2015-03-15)

FIGURFÖRTECKNING

Illustrationer eller fotografier som inte finns med i figurförteckningen nedan är producerade eller tagna av författarna.

Figur 1. *Korrebäcken försörjde Malmö med dricksvatten under 1500- talet och fram till 1800- talet.* Illustration: Författarna efter Fäldt Charta öfver Malmö och situationen 1/2 mil däromkring. Tillgänglig via: Malmö stads digitala kartfunktion Historiska Kartor. Upphovsman: okänd

Figur 2. *Karta över Malmös dricksvattenförsörjning år 1713.* Illustration: Författarna efter ritning av Johan Hässelgren (1713), Tillgänglig i: Persson, K. M. Persson, B. L., Ohlsson, E. Stahre, P. (2007). *Den törstande staden*. Ohlsson och Winnfors AB, Örebro

Figur 3. *Arbetare lägger ner avloppsrör i Drottninggatan öster om Amiralsgatan i Malmö ca 1900.*
Fotograf: LP Sörensen, Källa: Sydsvenskan.

Figur 4. *Malmös diken och vattendrag före dikena kulverterades.* Illustration: Författarna efter underlag från *Karta över diken*. VA Syd (2015- 02- 19)

Figur 5. *Malmös diken och vattendrag efter dikena kulverterades.* Illustration: Författarna efter underlag från VA Syd (2009) *Åtgärdsplan för Malmö Avlopp*. Publikationer online, Tillgänglig via: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Sjalvservice/Informationsmaterial-om-Vatten-och-avlopp> [2015-08-20]

Figur 6. *Sjölunda reningsverk 1971.* Fotograf: Ernst Henriksson, Källa: Sydsvenskan

Figur 7. *Översvämning på Studentgatan efter regn i Malmö 1914.* Fotograf: Otto Ohm, Källa: Sydsvenskan

Figur 8. Illustration: Författarna

Figur 9. *Principen för vattnets naturliga kretslopp.* Illustration: Författarna efter underlag från Lidström, V. (2013) *Vårt Vatten. Grundläggande lärobok i vatten- och avloppsteknik*. Svenskt Vatten, Stockholm

Figur 10. *Illustration över hur ytavrinningen har förändrats i och med urbaniseringen.* Illustration: Författarna efter underlag från Butler, D. Davies, J.W. (2004) *Urban drainage*. MPG Books Ltd, Bodmin

Figur 11. *Avrinning av regnvatten före och efter urbaniseringen.* Illustration: Författarna efter underlag från Butler, D. Davies, J.W. (2004) *Urban drainage*. MPG Books Ltd, Bodmin

Figur 12. *Principillustrationer över kombinerat och duplikat ledningssystem.* Illustration: Författarna efter underlag från Svenskt Vatten (2014) *Avledning av spill-, drän- och dagvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem.* Publikation P110, 1 utg. Opublicerat manuskript, Svenskt Vatten, Stockholm

Figur 13. *Utvecklingen av hållbar dagvattenhantering.* Illustration: Författarna efter underlag från Svenskt Vatten (2011) *Hållbar dag- och dränvattenhantering- Råd vid planering och utformning.* Publikation P105, 1 utg. (2011). Svenskt Vatten, Stockholm

Figur 14. *Kategorier för öppna system.* Illustration: Författarna efter Stahre, P. (2004) *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering.* Svenskt Vatten. Ljungbergs tryckeri, Klippan

Figur 15. *Principillustration av dagvattnets avrinningskedja.* Illustration: Författarna efter Svenskt Vatten (2011) *Hållbar dag- och dränvattenhantering- Råd vid planering och utformning.* Publikation P105, 1 utg. (2011). Svenskt Vatten, Stockholm

Figur 16. Giel (2007) *Genomsläpplig beläggning*

Flickr

https://en.wikipedia.org/wiki/Permeable_paving#/media/File:Rasenpflasterstein_1.jpg

Figur 17. Lamoit (2009) *Green roof*

Wikipedia Commons

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/EVA-_Lanxmeer_Green_roof2_2009.jpg

Figur 18. Christer (2009) *Kanal Augustenborg*

Flickr

<https://www.flickr.com/photos/brandsvig/4013735941/in/photolist-77FrRP-7ByA7a-77N85j-77N7xS-77N8Bu-7o55wt-7AQuQc-7dRyzw-77FuYD-77FuXT-77FuYg-77FuYr-77FqKV-77KEC5-77Kjwu-77FuYk-77FuYv-7AU3p5-78auTt-49tLFZ-7cQsFT-77FWMj-77FWj7-7fNZPx-7UF9mg-7EH2Gb-7nhfjd-dWGQhk-7nhgBS-7nhge1-bSN1Vi-eyEgZd-7nhfQb-7fP55V-bYFWk3-bZ6HGd-bYDnuW-7p7ZBz-7AsSBf-cPt2R7-cPtoPY-cPvti3-7paJ6f-7kj3hC-cPsZjJ-cPvtXh-7kfaan-7B4hMx-cXTGju-cXTEM5>

Figur 19. Natural Resources Conservation Service (2002) *Grassed swale*

wikimedia commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grass_lined_channel_NRCS.jpg

Figur 20. Cook (2013) *Rain garden*

Flickr

<https://www.flickr.com/photos/philadelphiawater/9085746661/in/photostream/>

Figur 21. Cook (2013) *Rain garden*

Flickr

<https://www.flickr.com/photos/philadelphiawater/9087960476/in/photostream/>

Figur 22. Volkening (2012) *Detention basin*

Flickr

<https://www.flickr.com/photos/87297882@N03/14163232417>

Figur 23. Jorchr (2014) *Augustenborg, Malmö*

Wikimedia Commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Augustenborg,_Malm%C3%B6,_2014.jpg

Figur 24. Closeapple (2012) *Boneyard Detention Basin*

Wikimedia Commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boneyard_Detention_Basin_2006.jpg

Figur 25. Jorchr (2006) *Risebergabäcken, Malmö*

Wikimedia Commons

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elisedal,_Malm%C3%B6.jpg

Figur 26. *Skyfallsmodulering Malmö*. Underlag: DHI (2014) Opublicerat manuskript, Malmö Stadsbyggnadskontor

Figur 27. *Inrapporterade översvämningar efter skyfallet i augusti 2014*. Illustration: Författarna efter underlag från Sydsvenskan [2015-04-02]

Figur 28. Illustration: Författarna

Figur 29. *Simuleringen av marköversvämningarna och kulverterade diken*. Underlag: *Skyfallsmodulering Malmö*. DHI (2014) Opublicerat manuskript, Malmö Stadsbyggnadskontor. *Karta över diken*. VA Syd [2015-02-19]

Figur 30. *Malmö stads ledningssystem*. Illustration: Författarna efter underlag från VA Syd (2009) *Åtgärdsplan för Malmö Avlopp*. Publikationer online, Tillgänglig via: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Sjalvservice/Informationsmaterial-om-Vatten-och-avlopp> [2015-08-20]

Figur 31. *Avrinningsområdena och mottagande recipienter.* Illustration: Författarna efter underlag från VA Syd (2009) *Åtgärdsplan för Malmö Avlopp*. Publikationer online, Tillgänglig via: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Sjalvservice/Informationsmaterial-om-Vatten-och-avlopp> [2015-08-20]

Figur 32. *Principillustration över de geologiska förhållandena i Malmö.* Illustration: Författarna efter underlag från Malmö stad (2014) *Översiktsplan för Malmö*. Planstrategi. Malmö: Malmö stad kommunfullmäktige. Publikationer online, Tillgänglig: http://malmo.se/download/18.5bb0a05f145db1bc43d6ac4/1401438553855/OP2012_planstrategi_antagen_140522.pdf [2015-05-05]

Figur 33. *Platser där hållbar dagvattenhantering har implementerats i Malmö.* Illustration: Författarna efter underlag från Stahre, P. (2008) *Blue Green fingerprints in the city of Malmö*. Tillgänglig: <http://www.vasyd.se/Artiklar/Avlopp/Avlopp-Dagvatten>

Figur 34. Christer (2012) *Augustenborg, Malmö projekt*

Flickr

<https://www.flickr.com/photos/brandsvig/7109016733/in/photolist-bQcz12-c4DC1L-6mqgZt-dz3Leb-7ndu9p-bBhdgG-bQceP8-ft5SBy-nwaXDP-h4GDGH-c4CJz5-peiFMF-gTn9Fe-cRH8KA-6WzczP-79moEV-7AGU87-gURmfU-nwaWX7-6sMYdo-6HEcRe-fE9Jmd-fDS33H-fDT5yR-fDRZJ4-drt336-icXt5d-6WDfLG-6WzdLF-6Wzdb2-pwfAKL-gTiJjK-6ZqaBi-dmw5SU-7oxfdc-6Zua2s-6Zq86T-8WvUxD-7otU5D-gUmyx6-p6XxNY-pcwu6A-nrzGSC-dYutED-6E9qfq-p11kcL-flh2Ln-8Wn5CN-9pmNRL-h4HGZ3>

Figur 35- 39. Foto: Författarna

Figur 40. *Områden inringade av kommunen där insatser för att minska översvämningsproblematiken behövs.* Malmö Stadsbyggnadskontor, Opublicerat manuskript. Underlag: *Skyfallsmodulering Malmö*. DHI (2014) Opublicerat manuskript

Figur 41. *Översvämning i Sofielund 1920.* Fotograf: Sonja Lindvall, Källa: Sydsvenskan

Figur 42. Illustration: Författarna

Figur 43. *Topografisk karta som visar det instängda området, Södra Sofielund.* Underlag: VA Syd [2015-02-19]

Figur 44. *Skyfallsmodulering Malmö.* DHI (2014) Opublicerat manuskript, Malmö Stadsbyggnadskontor

Figur 45- 63. Illustration: Författarna

Figur 64. *Marsh marigolds*

Copyright Bob Jones (2009) and licensed for reuse under this Creative Commons Licence

Geograph, photograph every grid square

<http://www.geograph.org.uk/reuse.php?id=1304796>

Figur 65. *Riverside plants, Morden Hall Park*

Copyright Martin Addison (2010) and licensed for reuse under this Creative Commons Licence.

Geograph, photograph every grid square

<http://www.geograph.org.uk/more.php?id=1991330>

Figur 66- 76. Illustration: Författarna

Figur 77. *Uppbyggnad av regnbädd.* Illustration: Författarna efter underlag från Fridell, K, Jergmo, F. (2015) *Regnbäddar, biofilter för behandling av dagvatten*. Movium magasin. Nr. 2 s. 4-12, Publikationer online, Tillgänglig via: http://www.movium.slu.se/system/files/news/11238/files/movium_fakta_2-2015_rangbaddar-slutlig.pdf [2015-05-05]

Figur 78- 89. Illustration: Författarna

Figur 90. *Uppbyggnad av genomsläppligbeläggning.* Illustration: Författarna efter underlag från Interpave, the precast concrete paving and kerb association (2010) *Permeable pavements. Guide to the design, construction and maintenance of concrete block permeable pavements*. Publikationer online, Tillgänglig via: <http://www.marshalls.co.uk/dam-svc/AssetStore/Interpave-Permeable-Pavements-6434.pdf> [2015-11-23]

Figur 91. Illustration: Författarna